ZEITSCHRIFT

FÜR

KRYSTALLOGRAPHIE

UND

MINERALOGIE

UNTER MITWIRKUNG

ZAHLREICHER FACHGENOSSEN DES IN- UND AUSLANDES

HERAUSGEGEBEN

VON

P. GROTH

ZWEIUNDFÜNFZIGSTER BAND

MIT 98 FIGUREN IM TEXT UND 11 LITHOGR. TAFELN

LITTERIS

LEIPZIG UND BERLIN

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1913

Inhaltsverzeichnis des zweiundfünfzigsten Bandes.

Heft I. (Geschlossen am 28. November 1912.) Seite

Heft III. (Geschlossen am 17. Dezember 1912.)

Seite

Heft IV. (Geschlossen am 28. Februar 1913.)

Seite

Heft V. (Geschlossen am 4. März 1913.)

Heft VI. (Geschlossen am 24. März 1913.)

I. Beobachtungen über fließende Krystalle des Ammoniumoleats.

Von

A. Mlodziejowski in Moskau.

(Hierzu Taf. I.)

Die vorliegende Abhandlung enthält die Beschreibung einiger neuer Beobachtungen des Verf. über die sogenannten fließenden Krystalle des Ammoniumoleats. Diese Krystalle sind schon mehrmals, besonders von Lehmann[1]) untersucht worden. Die gewöhnliche Methode der Herstellung genannter Krystalle besteht in Erkaltung einer alkoholischen Lösung des Ammoniumoleats, die bei hoher Temperatur gesättigt ist.

Der Verf. stellte fließende Krystalle nach einer anderen Methode her, nämlich durch Verdampfung einer alkoholischen Lösung bei Zimmertemperatur. Dabei zeigten sich eine Reihe neuer Eigenschaften der fließenden Krystalle, die vielleicht etwas mehr die Natur dieser verwickelten Gebilde verstehen lassen werden.

I.

Die Herstellung der Lösung, mit welcher die meisten Beobachtungen angestellt wurden, geschah in folgender Weise: Die Ölsäure wurde in einem Reagenzglase mit viel wässerigem Ammoniak gemischt, die Flüssigkeit vom Niederschlage abgegossen und der Niederschlag im Äthylalkohol gelöst.

Bringen wir einen Tropfen dieser Lösung auf einen Objectträger und lassen ihn ohne Deckglas verdunsten, so kann man im Mikroskop das Entstehen fließender Krystalle bemerken; einige von diesen haben die Gestalt runder oder zerflossener Tropfen, die Mehrzahl aber sind die von Lehmann beschriebenen[2]) verlängerten Rotationskörper, »Puppen«; die Gestalt dieser Puppen ist äußerst mannigfaltig (siehe Taf. I, Fig. 1) und erinnert im allge-

1) O. Lehmann, Flüssige Krystalle, Leipzig 1904. Die neue Welt der flüssigen Krystalle, Leipzig 1911. Neue Untersuchungen über flüssige Krystalle (I. Serie). Sitz.-Ber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., Sept. 1911.

2) O. Lehmann, Sitz.-Ber. der Heidelberger Akad. d. Wiss., Sept. 1911.

meinen an die Gestalt fließender Krystalle anderer Substanzen, z. B. des Paraazoxybenzoësäureäthylesters.

Die puppenartigen fließenden Krystalle haben eine merkliche Doppelbrechung und erscheinen zwischen gekreuzten Nicols hell; die tropfenartigen Krystalle bleiben zwischen gekreuzten Nicols dunkel. Jedoch kommt die Doppelbrechung dieser Tropfen zum Vorschein, wenn man das Präparat auf dem Fedorow'schen drehbaren Objecttische neigt; also haben auch die Tropfen eine Doppelbrechung, doch ist ihre Isotropieaxe der optischen Axe des Mikroskops parallel gerichtet.

Beim Neigen des Objecttisches erweist es sich, daß einige von den runden Tropfen nichts anderes als Puppen sind, deren Axe parallel der Axe des Mikroskops gerichtet ist, und die deshalb von einem ihrer Enden gesehen werden; alle übrigen erweisen sich als gewöhnliche Tropfen.

Die fließenden Krystalle schwimmen in der sie umgebenden Flüssigkeit in verschiedenen Höhen und können miteinander zusammenfließen.

Die von Lehmann früher beschriebenen fließenden Krystalle des Ammoniumoleats, die die Gestalt von Doppelpyramiden haben[1]), sind ohne Zweifel als ein specieller Fall der Puppen zu betrachten. Zwischen diesen und den runden Tropfen kann man alle möglichen Übergangsformen beobachten.

Nach Lehmann[2]) besitzen die fließenden Krystalle des Ammoniumoleats einigermaßen die Structur und die Gestalt von gewöhnlichen festen Krystallen; obwohl ihre Gestalt und ihre Structur durch die Oberflächenspannung gestört sind, bleiben doch einige Symmetrieelemente im Krystall erhalten, z. B. die Symmetrieaxe, die nach Lehmann's Beobachtungen von vierter oder sechster Ordnung sein muß. Indessen ist in der Fig. 1, Taf. I (ungefähr in der Mitte des rechten unteren Viertels der Figur), ein fließender Krystall zu sehen, dessen Axe der optischen Axe des Mikroskops parallel gerichtet ist; er stellt sich als ein Scheibchen dar, das von zehn gleichen kleinen Scheibchen umgeben ist[3]); folglich besitzt der Krystall eine Symmetrieaxe zehnter Ordnung. Betrachtet man nach Lehmann dieses Gebilde als ein Krystallaggregat (Krystallskelett), so müssen wir auch in diesem Falle dem centralen Krystalle die Symmetrieaxe zehnter Ordnung zuschreiben. In einem anderen Falle wurde eine Symmetrieaxe 14. Ordnung beobachtet. Folglich hat die Symmetrie der fließenden Krystalle nichts Gemeinsames mit der Symmetrie der festen Krystalle.

Die nach der oben beschriebenen Methode hergestellten fließenden

1) O. Lehmann, Flüssige Krystalle, S. 38. Die neue Welt der flüssigen Krystalle, S. 178.

2) O. Lehmann, Sitz.-Ber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., Sept. 1911.

3) Leider ist die Reproduction dieser Figur unscharf ausgefallen, sodaß die zehn Scheibchen nicht so deutlich erscheinen, wie in der Originalphotographie.

Krystalle des Ammoniumoleats besitzen eine sehr große Beständigkeit; man kann sie in demselben Präparate stundenlang beobachten. Auch kann beobachtet werden, wie die fließenden Krystalle sich ziemlich lange Zeit neben den festen Krystallen des Ammoniumoleats befinden. Es folgt daraus, daß der Bildungsproceß der fließenden Krystalle aus der Lösung und der Erstarrungsproceß dieser Krystalle vollkommen isotherm sind.

Es ist bemerkenswert, daß, falls die untersuchte Lösung einen Überschuß von Ammoniumoleat enthielt, der als feste Krystalle ausgeschieden wurde, sich beobachten läßt, wie diese festen Krystalle im Präparate schwimmen, bevor die fließenden Krystalle sich zu bilden anfangen.

Die festen Krystalle des Ammoniumoleats unterscheiden sich wenig von den festen Krystallen anderer Substanzen; die Fig. 10, Taf. I, stellt sie im Zustande des Wachstums zwischen gekreuzten Nicols dar.

Eine charakteristische Eigenschaft dieser Krystalle ist deren außerordentliche Weichheit oder Plasticität, welche sie dem Wachse ähnlich macht. Zerdrücken wir diese Krystalle zwischen zwei Objectträgern zu einer dünnen Schicht, wozu ein verhältnismäßig beträchtlicher Druck anzuwenden ist, und betrachten wir sie mit dem Mikroskop zwischen gekreuzten Nicols, so bekommen wir dasselbe Bild, wie in jedem Aggregate von Krystallen, die einem einseitigen Drucke unterworfen worden sind; wir sehen, daß die Krystalle eine lamellare Structur erhalten haben, die durch Schiebungen längs der Gleitflächen bedingt ist, wobei sich die anliegenden Schichten als in Zwillingslage befindlich erweisen (siehe Fig. 11, Taf. I). Ein ähnliches Bild ist jedem bekannt, der Dünnschliffe aus Marmor oder einem Plagioklasgestein gesehen hat.

Folglich läßt sich die Plasticität der festen Krystalle des Ammoniumoleats durch die leichte Bildung von Schiebungen längs der Gleitflächen erklären, und ist nicht mit der Zerstörung des Raumgitters verbunden.

II.

Der ganze Prozeß der Bildung und der Erstarrung fließender Krystalle geht folgendermaßen vor sich: Anfänglich beobachtet man in einem auf dem Objectträger liegenden Tropfen alkoholischer Lösung des Ammoniumoleats stürmische Strömungen und Wirbel, erkennbar durch die schwimmenden feste Krystalle des Ammoniumoleats. Diese Bewegungen sind, ohne Zweifel, die von Weber zuerst in Tropfen wässerigen Alkohols beobachteten Contactbewegungen[1] (das Wasser wurde in das Präparat als Bestandteil des wässerigen Ammoniaks eingeführt).

[1] O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig 1888, **1**, 271.

Dann fangen am Rande des Tropfens rasch gleichsam kleine Teiche und Golfe einer anderen Flüssigkeit an zu erscheinen, in welchen sich die oben beschriebenen fließenden Krystalle bilden. Die Bildung der Teiche und der fließenden Krystalle geht äußerst stürmisch und stoßweise vor sich. Die fließenden Krystalle erscheinen wie eine ziemlich feine Emulsion, und ihre ganze Entstehungsweise erinnert sehr an die freiwillige Emulsionsbildung aus einem Öltropfen[1]). An den Rand des Teiches gelangt, fließen die Krystalle mit der den Teich umgebenden Flüssigkeit zusammen, was vermuten läßt, daß diese Flüssigkeit von gleicher Zusammensetzung mit den fließenden Krystallen ist. Dieselbe Flüssigkeit scheidet außer fließenden Krystallen auch größere Tropfen von verschiedener Gestalt aus, welche, wie die Flüssigkeit selbst, nur beim Neigen des Objecttisches Doppelbrechung aufweisen. Außerdem erscheint eine äußerst feine Emulsion, die den ganzen Teich bedeckt. Im Anfang des Processes sind die fließenden Krystalle, wie die die Teiche und Golfe umgebende Flüssigkeit, in lebhafter Bewegung begriffen.

Dann wachsen und vermehren sich allmählich die fließenden Krystalle, und zugleich wächst ihre Doppelbrechung, sodaß ihre Farbe zwischen gekreuzten Nicols meistenteils das Orange erster Ordnung erreicht, zuweilen ist sie noch höher. Die fließenden Krystalle werden allmählich größer, indem sie zusammenfließen. Ihr Brechungsindex, der der Puppen wie der Tropfen, ist größer als der der umgebenden Flüssigkeit, was man aus dem Umstande ersieht, daß fließende Krystalle reelle Bilder von Gegenständen erzeugen, die unmittelbar vor das Präparat in den Strahlengang gebracht sind. Nach und nach bedeckt sich das ganze Präparat mit einer dünnen, festen, durchsichtigen Haut, die an einigen Stellen Falten bildet. Dann erscheinen allmählich an verschiedenen Stellen des Präparates Gruppen von festen Krystallen des Ammoniumoleats. Zu dieser Zeit werden die fließenden Krystalle weniger beweglich und fließen schwerer zusammen; ihr Zusammenfließen geht langsam und zuweilen ruckweise vor sich und ist nicht immer vollständig. Die Conturen der fließenden Krystalle werden schärfer, die Tropfen und die Puppen bekommen zuweilen unregelmäßige Umrisse, und an ihrer Oberfläche sind Falten bemerkbar. Dies alles gestattet die Vermutung, daß die Tropfen und die Puppen sich mit einer festen Haut umgeben. In der Fig. 2, Taf. I, sind einige Puppen gerade in diesem Augenblicke ihrer Existenz abgebildet.

Dann tritt ein allmähliches Verschwinden der Puppen ein. Bei einigen von ihnen verschwinden die Conturen, als wenn sie sich in irgend einem Mittel auflösten, und es bildet sich an der Stelle der Puppe ein runder Tropfen mit undeutlichem Rande, der von einem vor das Präparat gebrachten Objecte ein reelles Bild erzeugt; seine Brennweite ist größer als

1) Siehe G. Quincke, Wiedem. Ann. 1888, 35, 580 f.

die der Puppe, vielleicht weil der Tropfen sich etwas über die die fließenden Krystalle umgebende Flüssigkeit ausbreitet. Die übrigen Puppen verwandeln sich in scharf begrenzte runde Tropfen, die im polarisierten Lichte die radiale Structur der Sphärolithen aufweisen; es kommt zuweilen vor, daß die Puppe in mehrere Sphärolithen zerfällt. Die Fig. 2 und 4, Taf. I, stellen solche Sphärolithen im natürlichen Lichte und zwischen gekreuzten Nicols dar. Zwei Sphärolithen mit dunkeln Kreuzen in ihrem Innern können zusammenfließen, wobei die beiden Kreuze allmählich in ein einziges übergehen.

Die Sphärolithen und die übriggebliebenen Puppen erscheinen in einem Teiche mit scharf ausgesprochenen Rändern eingeschlossen; ein Teil eines solchen Teiches ist in Fig. 5, Taf. I, abgebildet. An den Rand des Teiches angelangt, fließen die Sphärolithen entweder mit demselben zusammen und verlieren dann ihre Doppelbrechung, oder sie haften nur an dem Rande. Die Puppen verschwinden allmählich oder verwandeln sich in Sphärolithen.

Die Ränder der Teiche erscheinen zwischen gekreuzten Nicols hell, die Teiche selbst aber und die umgebende Flüssigkeit sind dunkel (s. Fig. 3, Taf. I); beim Neigen des Objecttisches hellt sich die die Teiche umgebende Flüssigkeit auf, während die Teiche dunkel bleiben. Das beweist, daß die Axen der in der die Teiche umgebenden Flüssigkeit eingeschlossenen krystallinischen Elemente parallel zur optischen Axe des Mikroskops und folglich normal zur Grenze der Flüssigkeit gerichtet sind, während am Rande des Teiches die Axen normal zum Rande, folglich auch normal zur Grenze der Flüssigkeit gerichtet sind. Es kann daher die die Teiche umgebende Substanz mit einem einaxigen Krystalle verglichen werden; wie zu erwarten war, gibt diese Substanz im convergenten polarisierten Lichte ein dunkles Kreuz.

Die Doppelbrechung in einem Sphärolithtropfen wächst allmählich an, was durch das Steigen der Interferenzfarben höherer Ordnung bemerkbar ist. Die Größe des Sphärolithen bleibt dabei unveränderlich.

Der Teich, in welchem die Sphärolithen eingeschlossen sind, wird allmählich enger, und die in ihm gebliebenen Sphärolithe erstarren, indem sie ihre Structur behalten. Der erstarrte Sphärolith zerfällt in einzelne radial gerichtete feste Krystalle (Fig. 8, Taf. I).

Alle beschriebenen Erscheinungen werden ohne Deckglas beobachtet. Bedeckt man das Präparat mit einem Deckglase, so kann der Alkohol nicht verdunsten, und die fließenden Krystalle bilden sich nur am Rande des Präparates, wo die Flüssigkeit über die Ränder des Deckglases heraustritt.

III.

Nach Lehmann sind die fließenden Krystalle des Ammoniumoleats Krystalle von so hoher Plasticität, daß sie ganz flüssig erscheinen. Also muß man, nach ihm, neben den unzweifelhaft existierenden festen Krystallen des Ammoniumoleats, die Existenz einer fließend-krystallinischen Modification zulassen.

Doch sind einige der oben beschriebenen Tatsachen schwierig von diesem Standpunkte aus zu erklären.

Erstens bilden sich die fließenden und die festen Krystalle des Ammoniumoleats bei derselben Temperatur (Zimmertemperatur) und demselben Drucke; folglich haben die fließenden Krystalle kein eigenes stabiles Existenzgebiet beim Atmosphärendrucke; daher ist es unbegreiflich, daß die festen Krystalle sich vor der Entstehung der fließenden Krystalle in der Lösung befinden können, und daß die festen und die fließenden Krystalle nebeneinander ziemlich lange Zeit bestehen können[1].

Zweitens steht die Doppelbrechung der fließenden Krystalle nicht in einer bestimmten Beziehung zu ihrer Größe, und kann zunehmen, ohne daß die Größe des Krystalles zunimmt.

Drittens gelten für die Symmetrie der fließenden Krystalle die Gesetze nicht, die für die Krystalle im allgemeinen gültig sind.

Dies alles gibt zur Vermutung Anlaß, daß die Erklärung der Natur der fließenden Krystalle des Ammoniumoleats auf einem anderen Wege zu suchen sei.

Die in den Teichen schwimmenden fließenden Krystalle des Ammoniumoleats erinnern durch ihre Zähigkeit und ihre Brechungsverhältnisse[2]) an im Wasser schwimmende Öltropfen; die Bildung selbst der fließenden Krystalle, wie es oben gesagt wurde, erinnert an die Bildung einer Emulsion aus einem eine Fettsäure enthaltendem Öle. Diese Ähnlichkeit bringt die Vermutung nahe, daß die fließenden Krystalle Tropfen von Ölsäure sind, deren Doppelbrechung durch das Vorhandensein einer festen Substanz erzeugt ist. Eine ungefähr gleiche Zusammensetzung hat die die Teiche umgebende Flüssigkeit, die Teiche selbst bestehen aus Wasser. Diese letztere Vermutung steht mit der Tatsache im Einklang, daß die fließenden Krystalle in wasserreichen Teilen des Präparates vorkommen.

Die mit der bereits angeführten identische Voraussetzung über die Natur der fließenden Krystalle wurde schon längst von Quincke[3]) ausgesprochen. Die Aufgabe dieses Teiles des Aufsatzes wird die Untersuchung

1) Vergl. O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Krystalle, S. 84.
2) Siehe oben die Versuche mit den reellen Bildern von Gegenständen.
3) G. Quincke, Wiedem. Ann. 1894, **53**, 613.

der Voraussetzung von Quincke sein, sowie die Beschreibung der Tatsachen, die mit dieser Voraussetzung im Einklang stehen.

Die feste Substanz, die den Tropfen die Doppelbrechung verleiht, ist wahrscheinlich Ammoniumoleat, dessen winzige Krystalle (vielleicht überschreiten sie die Molekulargröße wenig) in der Puppe eingeschlossen sind und die Doppelbrechung sowie die Gestalt des fließenden Krystalles bedingen: außerdem, wie im vorigen Teile gesagt wurde, bildet sich wahrscheinlich an der Oberfläche der fließenden Krystalle, in einem weiteren Stadium ihrer Existenz, eine feste Haut von Ammoniumoleat.

In den Puppen können die krystallinischen Elemente eine ziemlich complicierte Anordnung besitzen, was bei der Betrachtung zwischen gekreuzten Nicols[1]) aus der Anordnung der dunkeln Streifen ersichtlich ist (siehe Fig. 7, Taf. I).

Bei der Verwandlung der Puppe in einen Sphärolith ordnen sich die krystallinischen Elemente radial an. Bei der Zerstörung der Haut einer Puppe kann die eingeschlossene Ölsäure herausfließen und einen ausgebreiteten Tropfen bilden, wie es im vorigen Teile beschrieben wurde.

Also füllen, nach dieser Voraussetzung, die festen Krystalle des Ammoniumoleats nicht den ganzen Inhalt des Tropfens aus. Im Einklange damit steht, daß die Doppelbrechung der fließenden Krystalle immer kleiner ist, als die der festen Krystalle von derselben oder sogar kleineren Größe. Außerdem ist eine wesentliche Bestätigung der angeführten Ansicht die im vorigen Teile hervorgehobene Tatsache, daß nämlich die Doppelbrechung eines flüssigen Sphärolithen allmählich ohne Vergrößerung desselben wächst; folglich krystallisiert das feste Ammoniumoleat allmählich im Innern des Tropfens aus; bei weiterem Krystallisieren bekommt, wie oben gesagt wurde, der Sphärolith eine ausgesprochene strahlenartige Structur.

Wie schon am Anfange dieses Teiles bemerkt wurde, erscheinen die fließenden Krystalle an den wasserreichen Stellen des Präparates. Hieraus ist es nicht schwer, die Entstehung der Ölsäure zu erklären durch die hydrolytische Spaltung des Ammoniumoleats. Die Bildung von Ölsäure aus dem Ammoniumsalze in Anwesenheit von Wasser wurde schon von Quincke angezeigt, wenn er auch dafür eine andere Erklärung[2]) gibt; auch Lehmann empfiehlt für die Herstellung der fließenden Krystalle des Ammoniumoleats die Zugabe von Wasser zu der alkoholischen Lösung[3]); über die Notwendigkeit der Zugabe von Wasser und selbst von Ölsäure spricht auch Wallerant[4]).

---

1) O. Lehmann, Sitz.-Ber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., Sept. 1911.
2) G. Quincke, l. c.
3) O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Krystalle, S. 176.
4) F. Wallerant, Cristallographie, Paris 1909, 11.

Im Einklange mit dem Gesagten steht die folgende Tatsache. Bringen wir einen Tropfen Wasser auf ein die fließenden Krystalle enthaltendes Präparat, so wächst die Zahl der fließenden Krystalle erheblich, es erscheint eine Emulsion, und es entstehen die Myelinformen, die sich durch Contactbewegungen verlängern. Die Zugabe von Wasser ruft das Erscheinen von unregelmäßig gestalteten Puppen hervor; einige von diesen sind den Myelinformen ähnlich. Also begünstigt die Zugabe von Wasser die Erscheinung sowohl der oben beschriebenen fließenden Krystalle, wie der Myelinformen.

Dieser leztere Umstand wird verständlich, wenn wir daran denken, daß Quincke den Myelinformen dieselbe Structur wie den fließenden Krystallen zuschreibt[1]; die einzige Verschiedenheit ist, daß die winzigen Krystalle des Ammoniumoleats in den Myelinformen überall normal zu ihrer Oberfläche gerichtet sind; eine solche Anordnung ist nicht schwer zu bemerken, wenn man die Myelinformen zwischen gekreuzten Nicols betrachtet (siehe Fig. 6, Taf. I). Folglich wirkt in diesem Falle, wie im Falle der Sphärolithen, das Bestreben der Krystallelemente, sich normal zu der Flüssigkeitsgrenze zu richten; dasselbe Bestreben bedingt, wie im vorigen Teile gesagt wurde, die Sichtbarkeit der hellen Ränder von ausgebreiteten Tropfen der sogenannten »öligen Streifen«[2]; das gleiche Bestreben läßt die festen Krystalle des Ammoniumoleats sich radial um eine Luftblase anordnen (siehe Fig. 9, Taf. I). Also haben die Myelinformen, die Sphärolithen und die »öligen Streifen« denselben Ursprung; wird die Länge einer Myelinform ihrer Dicke und Breite gleich, so erhält man einen Sphärolithen, wird aber seine Breite erheblich seine Dicke überschreiten, so bekommt man einen ausgebreiteten Tropfen, begrenzt durch die »öligen Streifen«.

Es folgt daraus, daß die die Orientierung der Isotropieaxen erzeugende Ursache sich nicht nur in dem Objectträger und dem Deckglase des Präparates, sondern auch in der Grenzschicht der Flüssigkeit befinden[3] kann.

Wie oben gesagt wurde, spielt bei der Bildung der fließenden Krystalle des Ammoniumoleats das Wasser eine wesentliche Rolle; es fragt sich daher, welchen Einfluß die Abwesenheit des Wassers auf den Charakter der fließenden Krystalle ausüben wird. Saugt man trockenes Ammoniak durch reine Ölsäure hindurch, so bekommt man einen Niederschlag von festen Krystallen des Ammoniumoleats; leitet man das Ammoniak genügend lange Zeit hindurch, so kann man die ganze Säure in Reaction treten lassen. Löst man die erhaltenen festen Krystalle in wasserfreiem Alkohol

1) G. Quincke, l. c.

2) O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Krystalle, S. 172, 196.

3) O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Krystalle. Vergl. auch F. Wallerant, Compt. Rend. 1896, 143, 694. Ch. Manguin, Bull. soc. min. 1911, **34**, Nr. 3.

auf, so bilden sich bei der Verdampfung des Alkohols keine fließenden Krystalle, sondern eine feste, doppeltbrechende Haut; man sieht nur eine kaum bemerkbare Emulsion und sehr wenige Sphärolithen (eine kleine Menge von freier Ölsäure ist vielleicht im Präparate übriggeblieben). Fügen wir zur wasserfreien alkoholischen Lösung etwas Wasser hinzu und lassen die Lösung unter dem Mikroskope verdunsten, so erscheinen die fließenden Krystalle in ihrer gewöhnlichen Gestalt. Bei größerer Wassermenge kommen die Myelinformen zum Vorschein. Somit ist es klar, daß die fließenden Krystalle des Ammoniumoleats sich nicht in Abwesenheit des Wassers bilden.

Sättigt man wasserfreien Alkohol mit trockenem Ammoniumoleat bei hoher Temperatur, so erscheinen beim Erkalten der Lösung die puppenartigen fließenden Krystalle; bei fortschreitendem Erkalten bilden sich anstatt der Puppen die festen Krystalle (siehe Fig. 10, Taf. I). In diesem Falle findet die Zersetzung des Ammoniumoleats in Säure und Ammoniak wahrscheinlich durch die Erhitzung statt. Es kann etwas Änliches auch in anderen Substanzen, die die fließenden Krystalle bei Temperaturänderung bilden, vorkommen.

Die beschriebenen Versuche zeigen, daß die fließenden Krystalle des Ammoniumoleats sich unter solchen Bedingungen bilden, bei welchen die Bildung freier Ölsäure möglich ist; es bleibt zu beweisen, daß Ölsäure in den fließenden Krystallen selbst enthalten ist.

Bringt man in ein die fließenden Krystalle enthaltendes Präparat einen Tropfen Alkalilösung, z. B. *KOH*, so bildet sich eine reichliche Emulsion, und die Zahl der fließenden Krystalle wird größer, als bei der Zufügung des Wassers; trifft aber die Alkalilösung einen schon vorhandenen fließenden Krystall, so zerfällt dieser in kleine Tropfen, wobei man bisweilen alle Erscheinungen beobachten kann, welche die freiwillige Emulsionsbildung bei der Wirkung von Alkali auf einen Ölsäure enthaltenden Tropfen begleiten (z. B. die Bildung und das Zerfallen von sogenanntem Pseudopodium)[1]. Wie oben gesagt wurde, hat das erste Erscheinen der fließenden Krystalle den Charakter einer freiwilligen Emulsionsbildung.

IV.

Der Inhalt dieser Abhandlung kann in folgenden Sätzen zusammengefaßt werden.

1) Die sogenannten fließenden Krystalle des Ammoniumoleats können erzeugt werden durch Verdampfung einer wasserhaltigen alkoholischen Lösung dieses Salzes bei Zimmertemperatur.

---

1) G. Quincke, Wiedem. Ann. 1888, **35**, 580 f.

2) Die genannten Krystalle können sich nur bei Anwesenheit von Wasser oder bei genügend hoher Temperatur bilden.

3) Bei weiterer Zugabe von Wasser zu einem, fließende Krystalle enthaltenden Präparate erscheinen die Myelinformen, sowie Gebilde, die als Übergangsformen betrachtet werden können.

4) Die Symmetrie der fließenden Krystalle des Ammoniumoleats hat nichts Gemeinsames mit der Symmetrie der Krystalle im allgemeinen.

5) Die Doppelbrechung der fließenden Krystalle des Ammoniumoleats steht in keinem bestimmten Zusammenhange mit ihrer Größe.

6) Die Plasticität von festen Krystallen des Ammoniumoleats ist nicht mit der Zerstörung des Raumgitters verbunden.

7) Die beschriebenen Erscheinungen lassen sich viel leichter vom Standpunkte Quincke's aus, als von dem von Lehmann erklären; mit anderen Worten, man hat Grund, die Existenz der fließenden Krystalle des Ammoniumoleats als solcher zu verneinen.

Alle in dieser Abhandlung beschriebenen Beobachtungen und Versuche wurden vom Verf. im krystallographischen Laboratorium der Moskauer Städtischen Universität (Szaniawski-Stiftung) ausgeführt. Dem Vorsteher dieses Laboratoriums, Herrn Prof. Dr. G. V. Wulff, spricht der Verf. für seine wertvollen Ratschläge, für die dem Verf. zur Verfügung gestellten Instrumente, sowie für die freundliche Teilnahme an der ganzen Arbeit seinen innigsten Dank aus.

Moskau, September 1912.

II. Die chemischen Analogien der ihrer Krystallform nach dem Kaliumsulfat nahestehenden Substanzen.

Von

E. von Fedorow in St. Petersburg.

Nachdem die Arbeiten, welche mit der Vorbereitung der abgefaßten Tabellen für die krystallochemische Analyse zum Drucke zu Ende gebracht worden sind, ist es möglich geworden, dieselben einem näheren Studium zu unterwerfen und damit die ersten Hinweise auf die Verhältnisse zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Krystallform zu erlangen.

Dem gründlicheren Studium dieser Verhältnisse wird natürlich eine längere Zeitperiode in der Zukunft zu widmen sein. Als ersten Schritt müssen wir aber uns mit denjenigen begnügen, welche in schärferer Form aus den Tabellen selbst hervorspringen. Teilweise sind solche Fälle beiläufig in meinen, die krystallochemische Analyse betreffenden Arbeiten erwähnt.

Für diese Notiz wählte ich einen sehr kleinen Teil der Tabellen, und zwar diejenigen Substanzen, welche in ihnen die dem Kaliumsulfat benachbarte Stelle einnehmen.

In dieser, eine längere Reihe von Substanzen umfassenden Stelle der Tabellen ersieht man wirklich zugleich mehrere Andeutungen von Analogien in der chemischen Zusammensetzung.

Dieser Teil der Tabellen gehört dem hypohexagonalen Typus des Krystallreiches an, und die Auswahl einer Stelle gerade in den Grenzen dieses Typus war schon deswegen besonders empfehlenswert, weil hier die Sache durch die Abwesenheit verschiedener Hauptstructurarten, wie dies für den kubischen Typus der Fall ist, wesentlich vereinfacht wird.

Als Hauptvertreter der Substanzen dieser Reihe tritt Kaliumsulfat mit der einfachen Zusammensetzung SO_4K_2 hervor.

Es war schon früher bekannt, daß diese Substanz eine ziemlich große isomorphe Reihe vertritt, also eine Reihe, welche zugleich durch große

Nähe in der Krystallform und volle Analogie in der chemischen Zusammensetzung gekennzeichnet ist; der letzte Umstand kommt durch die chemische Formel, der erste nicht nur durch krystallographische Constanz, sondern zugleich durch bedeutende Constanz in den Combinationen zum Ausdruck.

Gerade dieser Umstand hat die Abfassung der Tabellen erleichtert und dieselben zu bedeutender Vereinfachung gebracht, indem alle Glieder der isomorphen Reihen in denselben durch einen Punkt vertreten werden.

Jetzt mache ich den Versuch über die Grenze des sogenannten Isomorphismus und der Morphotropie hinauszutreten und beginne mit dem einfachen Auszug aus dem erwähnten Teile der Tabellen, wobei die Complexsymbole außerhalb der Zeilen gestellt werden. Die Ziffern in der oberen Zeile weisen auf die Anordnung der reticulären Dichtigkeit hin.

6
55
0

1. Kaliumtetrachlorozinkat
2. Ammoniumtetrachlorozinkat } $ZnCl_4$ { K_2 / $(NH_4)_2$.

200 / 011 / 002		1	2	—	3,4	—	—	5,6,7,8	9,10	—	Sp. Gew.
	1.	100	010	110	011;	230	130	111	—	—	2,30
	2.	100	010	110	011;	—	—	—	120	031	1,88
		1000	$010\bar{1}$	$210\bar{1}$	0110;	$430\bar{3}$	$230\bar{3}$	1110	$110\bar{1}$	$021\bar{1}$	

Marignac, Annal. de mines 1857 (5), **12**, 16; Groth's Chemische Krystallogr. **1**, 342.

6
55
$+\frac{1}{2}$

1. Kaliumtetrafluoroberylliat
2. Ammoniumtetrafluoroberylliat } BeF_4 { K_2 / $(NH_4)_2$.

002 / 110 / 200		1	2	3,4	7,8,9,10	—	5,6	—	
	1.	001	010	110	111	112	021	—	Tafelig nach (1000)
	2.	001	010	110	111	—	021	011	
		1000	$010\bar{1}$	0110	1110	2110	$110\bar{1}$	$210\bar{1}$	

Marignac, Arch. Sc. phys. nat. Genève 1873, **46**, 196; Groth's Chemische Krystallogr. **1**, 341.

6; —1
55·
0

β. Natriumtrikaliumchromat $(CrO_4)_2K_3Na$.

003 / 310 / 020	2	1	3,4	5	Sp. Gew. 2,77
	100	001	130	$\bar{1}01$	Zwillinge: (1000)
	$010\bar{1}$	1000	0110	$1\bar{1}01$	Pleochroismus: citron.- u. orangegelb.

Johnsen, N. Jahrb. f. Min. usw. 1907, Beil.-Bd. **23**, 286; Groth's Chemische Kryst. **2**, 337.

6
55° 37′

Stannotriäthylsulfat $SO_4(Sn.3C_2H_5)_2$.

2,3,4	5,6,7,..	—	
0110	1110	1220	Doppelbr. positiv.

Hjortdahl, diese Zeitschr. 1880, **4**, 221; (Negri, Rivista d. min. e crist. ital. 1891, **9**, 71); Groth's Chem. Kryst. **2**, 359.

Isomorphe Gruppe RO_4M_2.

6
56
0
(K-Sulfat)

002
110
200

	R	M	2	3,6	7,8,9,10	3,4	—	1	—	—	—	—	—	Sp. G.
1.	S	K	010*	021	111	110	011	001*	112	100	130	031	012	2,67
2.	S	Rb	010*	021	111	110	011	001*	112	100	130	—	—	3,62
3.	S	Cs	010*	021	111	110	011	001*	112	100	130	—	—	4,25
4.	S	NH_4	010*	021	111	110	011	001*	112	100	130	—	012	1,77
5.	S	Tl	010*	021	111	110	011	001*	112	—	130	—	012	6,77
6.	Cr	K	010*	021	111	110	011	001*	—	100	130	—	—	2,74
7.	Cr	Rb	010	021	111	110	011	—	112	—	—	—	—	—
8.	Cr	Cs	010	021	111	110	011	001	—	100	130	—	—	—
9.	Mn	K	010	021	111	110	011	001	112	100	130	—	—	2,78
10.	Se	K	010	021	111	110	011	001*	112	100	—	—	—	3,07
11.	Se	Rb	010*	021	111	110	011	001*	112	100	130	031	012	3,90
12.	Se	Cs	010*	021	111	110	011	001*	112	100	130	—	012	4,46
13.	Se	NH_4	010	021	111	110	011	001*	—	—	130	—	—	2,08
14.	Se	Tl	010*	021	111	110	011	001*	—	100	130	—	—	6,88
			$010\bar{1}$	$110\bar{1}$	1110	0110	$210\bar{1}$	1000	2110	0121	$021\bar{1}$	$230\bar{3}$	$410\bar{1}$	

Tutton, diese Zeitschr. 1906, **41**, 385; Brooke, Annals of Philos. 1824, **23**, 30; Mitscherlich, Poggendorff's Ann. d. Phys. 1830, **18**, 169; Groth's Chemische Kryst. **2**, 337 ff.

* bezeichnet Spaltflächen.

Trimethylisopropylammoniumhexachloroplatinat $PtCl_6[N(CH_3)_3iC_3H_7]_2$.

6
56
0

$010\bar{1}$ $110\bar{1}$ Spec. Gew. 1,74. Schmelzp. 237°.

Ries, diese Zeitschr. **49**, 526.

1. Tetranatriumdikaliumtrimolybdat $(MoO_4)_3$ 2. Tetranatriumdikaliumtriwolframat $(WO_4)_3$ } $K_2Na_4 . 14H_2O$.

6
56° 0′
56 58

	2,3,4	1	5,6,7,...		
1.	0110	1000	1110	—	Doppelbr. negativ.
2.	0110	1000	1110	0121	

Marignac, Arch. Sc. phys. nat. Genève 1865 (2), **23**, 8; Groth's Chem. Kryst. **2**, 370; Traube, N. Jahrb. f. Min. usw. 1894, **1**, 192; diese Zeitschr. **26**, 644.

1. Natriumtrikaliumsulfat (Glaserit) $(SO_4)_2$ 2. Natriumtrikaliumchromat (Chromglaserit) $(CrO_4)_2$ } K_3Na.

6
+56° 2′
+56 8

111
$10\bar{1}$
$1\bar{1}0$

	1	5,6,7,...	2,3,4	—	—	—	Sp. Gew.	Doppelbr.
1.	111	100	$22\bar{1}$	$2\bar{1}\bar{1}$	110	—	2,70	$\omega = 1,49$; $\varepsilon = 1,50$
2.	111	100	$22\bar{1}$	$2\bar{1}\bar{1}$	—	$10\bar{1}$	2,77	$\omega = 1,73$; $\varepsilon = 1,74$
	1000	1110	$110\bar{1}$	0110	$210\bar{1}$	$021\bar{1}$		

Tafelig nach (1000).
Spaltb. (1000).

Goßner, diese Zeitschr. 1904, **39**, 163; Groth's Chem. Kryst. **2**, 335.

6
56
$+\frac{1}{2}$

Cäsiumtetrabromomercuriat $HgBr_4Cs_2$.

001	2	3,4	5,6	1	7,8,9,10	Tafelig nach $(010\bar{1})$.
110	010	110	011	001	112*)	
200	$010\bar{1}$	0110	$110\bar{1}$	1000	1110	

Penfield, Amer. Journ. Sc. 1892 (3), **44**, 311; Zeitschr. f. anorg. Chem. **2**, 420; diese Zeitschr. **23**, 610; Groth's Chem. Kryst. **1**, 343.

*) Im Text steht (221).

6
56
+1

Isoconiinhexachloroplatinat $PtCl_6(C_8H_{17}NH)_2$.

010	2	1	—	5,6	3,4	—	—	Schmelzp. 172°—175°
101	100	010	001	110	101	021	131	
002	$010\bar{1}$	1000	0121	$110\bar{1}$	0110	2121	3220	

Milch, diese Zeitschr. **25**, 634.

6
56·
—2

Descloizit $VO_4Pb(ZnOH)$.

002	2,3	5,6,7,8	1	4	—	—	—	—	Sp. Gew. 6,0,
110	110	111	001	010	100	011	130	102...	Härte 3,5
200	0110	1110	1000	$010\bar{1}$	0121	$210\bar{1}$	$021\bar{1}$	4121	Olivengrün bis schwarz.

Websky, diese Zeitschr. **5**, 542.

6; —12
56·
+3
(*Y*-Sulfat)

Isomorphe Gruppe: $(RO_4)_3M_2.8H_2O$.

101
$01\bar{1}$
020

	R	*M*	—	5	1	2	10	—	6,7	3,4	8,9	Sp. Gew.
1.	*S*	*Ce*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	$20\bar{1}$	—	—	—	—	2,89
2.	*S*	*Y*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	101	111	$11\bar{1}$	—	2,56
3.	*Se*	*Y*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	—	—	$11\bar{1}$	—	2,90
4.	*S*	*Pr*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	$20\bar{1}$	101	111	$11\bar{1}$	$31\bar{1}$	2,82
5.	*S*	*Nd*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	$20\bar{1}$	101	111	$11\bar{1}$	$31\bar{1}$	2,85
6.	*S*	*(Pr, Nd)*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	—	111	$11\bar{1}$	$31\bar{1}$	2,83
7.	*Se*	*(Pr, Nd)*	$21\bar{1}$	001	100	—	—	101	111	$11\bar{1}$	—	3,25
8.	*S*	*Sm*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	—	111	$11\bar{1}$	$31\bar{1}$	?
9.	*S*	*Gd*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	101	111	$11\bar{1}$	—	3,01
10.	*Se*	*Gd*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	—	—	$11\bar{1}$	—	3,31
11.	*S*	*Er*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	101	111	$11\bar{1}$	$31\bar{1}$	3,22
12.	*Se*	*Er*	$21\bar{1}$	001	100	$10\bar{1}$	—	101	—	$11\bar{1}$	—	3,25
			1220	$1\bar{1}01$	1000	$010\bar{1}$	$110\bar{1}$	$2\bar{1}01$	1011	0110	1110	

Spaltb. $(1\bar{1}01)$ s. vlk.; $(010\bar{1})$ vlk.

Rammelsberg, Handb. d. krystallogr.-physik. Chem. **1**, 438; Kraus, diese Zeitschr. 1901, **34**, 411; Topsøe, Bihang t. Sv. Vet. Akad. Handl. 1875, **2**, No. 5, 25; Dufet, Bull. Soc. fr. min. 1901, **24**, 378; diese Zeitschr. **37**, 29; Groth's Chem. Kryst. **2**, 452 ff.

6
57° 16′

Didymdithionat $(S_2O_6)_3(Pr, Nd)_2.12H_2O$.

5,6,7,...	1	2,3,4	—	Rot.
1110	1000	0110	0121	

Topsøe, Bihang t. K. Sv. Vet. Akad. Handl. 1874, **2**, Nr. 5, 20; Groth's Chem. Kryst. **2**, 713.

Kaliumthiocyanoplatinat $Pt(CNS)_4(CNSK)_2$.

6
57° 27′

300	1	5,6,7,8,...	—	Tafelig nach (1000).
02$\bar{1}$	1000	1121;	5484	Dunkelcarminrot.
011	1000	1011;	5044	

Billows, Rivista di min. e crist. ital. 1909, **39**, 21; diese Zeitschr. **50**, 509.

1. Tetramethylammoniumtetrachlorocupriat
2. Tetramethylammoniumtetrachloromercuriat

6
57·
—1

$$\left.\begin{matrix} Cu \\ Hg \end{matrix}\right\} Cl_4(N.4CH_3)_2.$$

002	1	2,3	—	1	5,6,7,8	—	9,10	—
110	010	110	100	001	111	011	021;	121
200	010$\bar{1}$	0110	0121	1000	1110	210$\bar{1}$	110$\bar{1}$;	232$\bar{1}$

Topsøe, Öfvers. K. D. Vidensk. Selsk. Förh. 1882; diese Zeitschr. **8**, 246; Groth's Chem. Kryst. **1**, 348.

Das hier zusammengestellte Material umfaßt die am nächsten stehenden Glieder der Tabelle und ist freilich wegen seines geringen Umfanges zu sehr weitgehenden Schlußfolgerungen nicht geeignet; und wenn ich hier trotzdem auf einige derselben Bezug nehme, so ist der Grund der, daß das gesamte Material der Tabellen mit diesen einigermaßen in Übereinstimmung steht, obgleich die Bearbeitung desselben erst später abgeschlossen werden kann.

Als den ersten Schritt kann ich die Resultate nicht zu streng nehmen; ohne den ersten Schritt sind aber die weiteren nicht möglich, sodaß die endgültigen Resultate erst nach dem Verlauf sehr vieler Jahre zu erwarten sind.

Übrigens sind einige darauf fußende Schlußfolgerungen schon zu alten Wahrheiten der Wissenschaft zurechnen, und zwar zu denjenigen über die Vereinigung sonst verschiedener chemischer Verbindungen in isomorphe Gruppen. Gerade hier bleibt keinem Zweifel Platz darüber, daß hier zugleich die nahen Krystallformen mit analoger chemischer Constitution auftreten.

In einem so kleinen Auszuge haben wir schon sieben isomorphe Gruppen angetroffen, obgleich einige von ihnen nur zweigliedrig sind.

Schon aus diesem so eng begrenzten Material ist zu ersehen, daß der Begriff des Isomorphismus kein absoluter ist und die Zugehörigkeit zu einer Gruppe weiter nichts bedeutet, als die größere Annäherung; der Annäherungsgrad kann aber sehr verschieden angenommen werden.

Es ist allzu bekannt, daß die Gleichheit der respectiven Winkel der isomorphen Substanzen keine absolute ist; die Abweichungen können sehr beträchtlich sein, aber bisher wurde von keiner Seite die Frage besprochen, wieweit die Abweichungsgrößen reichen können.

Das vorliegende Material kann schon dazu dienen, klar zu machen,

daß eine solche Besprechung gegenstandslos gewesen wäre. Wir haben hier z. B. zwei Natriumkalium-Salze der Molybdän- resp. Wolframsäure, für welche die Winkelabweichungsgröße fast einen ganzen Grad umfaßt; ob man daraus schließen kann, daß diese beiden Glieder einer isomorphen Gruppe mehr voneinander abweichen, als jedes von ihnen, einzeln genommen, von verschiedenen Gliedern der Kaliumsulfatgruppe? Schon aus ihrer chemischen Formel ist klar ersichtlich, daß dieselben nicht einmal isomorph angenommen werden mit den Gliedern der anderen erwähnten Gruppe.

Der Vergleich dieser beiden Substanzen mit den Substanzen der Glaseritgruppe einerseits und Kaliumsulfat andererseits läßt uns auf einen Widerspruch stoßen; in chemischer Hinsicht kommt die Glaseritgruppe der Kaliumsulfatgruppe sehr nahe, während dieselbe in krystallographischer Hinsicht der Gruppe des Molybdats (resp. Wolframats) viel näher steht; in der letzteren haben wir sogar viel Krystallisationswasser mit dem Salze verbunden.

Wenn die allgemeine Erfahrung uns lehrt, daß mit der Hinzunahme des Krystallisationswassers sich die Krystallisationsverhältnisse im allgemeinen sehr wesentlich ändern, weist die eben erwähnte Tatsache klar darauf hin, daß mit der Aufnahme desselben auch keine wesentliche Änderung in der Krystallform erscheinen kann. Und solche Tatsachen stehen durchaus nicht vereinzelt da, sodaß man eher zur Schlußfolgerung geneigt sein wird, keinen wesentlichen Einfluß der Krystallwasserbeimengung auf die Krystallform zuzugestehen [1].

Obgleich kein Zweifel darüber bestehen kann, daß nicht nur in krystallographischer, sondern auch in chemischer Beziehung die Glieder der Glaseritgruppe denen der Kaliumsulfatgruppe am nächsten stehen, ersieht man in den chemischen Formeln derselben eine bedeutende Differenz. Nun ist aber diese Differenz eher von vermeintlicher Natur, d. h. sie springt scharf ins Auge nur wegen verschiedener Schreibweise der Formel selbst; daraus ist nur der Schluß zu ziehen erlaubt, daß wenigstens die für Kaliumsulfat angenommene Formel viel zu einfach angenommen wird; in der Tat muß dieselbe complicierter aufgefaßt werden.

Dasselbe müssen wir auch in krystallographischer Beziehung zugestehen; die Zugehörigkeit zu verschiedenen Syngoniearten ist noch kein fundamenteller Unterschied: dem Wesen nach, d. h. in bezug auf die respectiven Winkelgrößen und Combinationen, besteht zwischen denselben kein zu großer Unterschied, und der Grad der Annäherung ist sehr gut durch das Complexsymbol zum Ausdruck gebracht.

[1] Es scheint viel wahrscheinlicher, anzunehmen, daß die Salze mit verschiedenem Wassergehalt verschieden gebaut sind, und sie deswegen auch verschiedene Wassermenge aufnehmen.

Man kann viele Beispiele dieser Art aus den Tabellen herausfinden; vielleicht eines der lehrreichsten ist das des Kaliumjodats mit dem Symbol $\begin{matrix}4h;\pm1\\55\\-0\end{matrix}$ und des Ammoniumjodats mit dem Symbol $\begin{matrix}4h\\55\\-0\end{matrix}$; dieses Beispiel ist um so lehrreicher, als *K*- und (NH_4)-Salze überhaupt in isomorphen Reihen am nächsten gestellt werden; den beiden Modificationen von Kaliumdijodat kommen die Symbole $\begin{matrix}4d\\74\\4\end{matrix}$ und $\begin{matrix}4d;+2\\74\\4\end{matrix}$ zu.

Wenn wir somit auf Grund der umfassenden Erfahrung die Unvollständigkeit unserer früheren Hauptabteilungen des Krystallreiches zugestehen müssen, so kommen wir gerade infolgedessen zu höheren und wichtigeren Begriffen und in erster Linie zum Begriffe des Isogonismus; derselbe bezieht sich also auf Substanzen, welche, obgleich durch einige Annäherung in den respectiven Winkelgrößen ausgezeichnet, doch Abweichungen in verschiedener Hinsicht aufweisen, sodaß die isogonischen Substanzen den verschiedensten Syngoniearten zugehören können. Dieser weitere Begriff ist keineswegs in bestimmte enge Grenzen zu stellen, sodaß die Rede von verschiedenen Graden des Isogonismus sein kann.

Wie erwähnt, ist auch dem Isomorphismus eine bestimmte Grenze zu ziehen, nicht möglich, aber jedenfalls werden in diesem Begriffe engere Grenzen gemeint mit specieller Rücksicht auf verschiedene physikalische Congruenzen, wie Zusammenkrystallisieren in unbestimmten Verhältnissen, Additivität fast aller physikalischer Eigenschaften (obgleich eigentlich nur Annäherung an dieselbe) u. dergl.

Von diesem Standpunkte aus umfassen die isomorphen Reihen nur einen sehr unbedeutenden Teil der isogonischen Substanzen. Den Hauptunterschied ersehe ich aber darin, daß isomorphe Substanzen notwendigerweise homotektisch sind, d. h., einer und derselben Hauptstructurart angehören, also auch in den abgefaßten Tabellen nur die nächsten Stellen vertreten, während die isogonischen Substanzen des kubischen Typus auch in verschiedenen Tabellen ihren Platz haben können.

Die Bezeichnung zweier Substanzen als isogonische sagt noch wenig aus über den Grad der Annäherung ihrer Form, besonders wenn sie auf verschiedene Hauptstructurarten des kubischen Typus bezogen werden; die Zugehörigkeit aber zu verschiedenen Typen schließt den Begriff des Isogonismus vollständig aus (mit einer jetzt gut bekannten Ausnahme).

Zurzeit besteht noch sehr wenig Hoffnung, die physikalischen Ursachen des Isogonismus im weiteren Sinne des Wortes kennen zu lernen. Aber ohne Zweifel äußert sich das Bedürfnis, die Formverhältnisse in weiteren

Grenzen zu studieren, als dieselben für die isomorphen Substanzen im üblichen Sinne gezogen werden; aber unter der Bedingung der Annäherung, nicht nur in krystallographischer, sondern auch in chemischer Beziehung. Bekanntlich können die Krystalle von zwei Substanzen ansehnlich differieren, obgleich ihnen eine und dieselbe chemische Formel zukommt (stereochemische Verschiedenheiten); aber der Grad dieser Differenz kann verschieden ausfallen, bis zum vollständigen Isogonismus im engsten Sinne des Wortes.

Als Beispiel können zwei Substanzen angegeben werden:

$$\overset{6,4,2}{C_6Br_3}\overset{5,3}{(NO_2)_2}\overset{1}{CH_3} \quad \text{und} \quad \overset{5,3,2}{C_6Br_3}\overset{6,4}{(NO_2)_2}\overset{1}{CH_3},$$

für welche beiden das Symbol $\begin{matrix} 6;+5 \\ 41 \\ +2 \end{matrix}$ gilt. Hierzu gehört auch eine Reihe der rechten und linken Modification gleich zusammengesetzten Substanzen.

Der häufigste Fall einer krystallographischen Annäherung ist derjenige, bei welchem die chemische Molekel zwar auf dieselbe Weise constituiert ist, aber einige Radicale der Constitution durch andere ersetzt werden, welche ihrerseits eine Annäherung zeigen, obgleich sie sonst als chemisch sehr verschieden zu bezeichnen wären.

Bei ausschließlicher Annäherung der Radicale haben wir den Fall des Isomorphismus, sonst aber denjenigen der Morphotropie vor uns.

Obgleich der letztere Begriff nicht näher definiert werden kann, muß jedenfalls darunter auch eine große structurelle Annäherung gedacht werden.

Das oben angegebene typische Beispiel ist das der Glaseritgruppe in bezug auf die Kaliumsulfatgruppe; hierzu gehört auch Stannotriäthylsulfat, da eigentlich hier K durch das Radical Stannotriäthyl ersetzt wird.

Es bleibt für uns dunkel, warum namentlich dieses und nicht die unzähligen existierenden anderen einwertigen Radicale solche Annäherung darbieten. Solche Fragen sind der Zukunft vorbehalten; für jetzt genügt es uns, zu erkennen, daß solche morphotropische Beziehungen in vielen Fällen sich kundgeben.

Jedenfalls sind für morphotropische nur solche Substanzen des kubischen Typus zu halten, welche durch eine und dieselbe Hauptstructurart vertreten sind, da sonst der Grad der Annäherung der Complexe durchaus nicht so hoch sein würde, wie dies durch das Wort ausgedrückt werden soll.

Es kommen aber nicht selten Fälle vor, in welchen zweifellos eine chemische Analogie sich in der Constitution der chemischen Molekel kundgibt, trotzdem aber die Valenzen ganz verschieden verteilt sind.

Die bekannten klassischen Beispiele dafür sind die von Calcit und

Natriumnitrat, Albit und Anorthit, Diopsid und Aegirin. In der letzten Zeit sind noch andere Beispiele dieser Art hervorgehoben worden[1]).

Es ist zu erwarten, daß durch das specielle Studium der Tabellen die Anzahl solcher Beispiele in großem Maße zunimmt, und gerade eine Reihe solcher Beispiele gibt uns die vorliegende kleine Tabelle.

Stellen wir die chemischen Formeln ihrer Substanzen:

$$BeF_4K_2,\quad SO_4K_2,\quad HgBr_4Cs_2,\quad ZnCl_4K_2,\quad CuCl_4(N.4CH_3)_2,$$

zusammen, so sehen wir sogleich die Äußerung eines und desselben chemischen Typus, aber sehr verschiedenartiger innerer Verbindungen der Atome, indem Cl, Br und F einwertig sind, während O zweiwertig ist.

Die Architektonik der chemischen Molekel ist wesentlich dieselbe, die Bausteine aber sind sehr verschieden.

Es empfiehlt sich, diese Verhältnisse, welche sich somit als von großer Wichtigkeit erweisen, durch den besonderen Begriff des Isotektonismus zu bezeichnen.

Die isotektonischen Substanzen sind also solche, für welche die chemische Formel äußerlich dieselbe ist, aber die ihr zugehörenden Atome (oder Radicale im weiteren Sinne des Wortes) teilweise von verschiedener Valenz sind, wenn dabei die respectiven Krystalle isogonisch sind.

Die angegebenen Beispiele sind überzeugend genug, da wir es hier mit einander ersetzenden Atomen zu tun haben; sind dieselben aber durch complicierte Radicale ersetzt, so verliert die Sache ihre Klarheit und Überzeugungskraft, da solche Radicale verschiedenartig aufgefaßt werden können; da aber die Rolle dieser Radicale und mancher einfacher Atome in der Zusammensetzung der Molekel fast identisch ist, so ist zu erwarten, daß dadurch noch um viel mehr die Anzahl der isotektonischen Substanzen zunehmen wird; aber die Constatierung solcher Fälle ist mit großen Hindernissen verbunden.

Wir können z. B. hierzu den Fall des Vanadats (Descloizit) hinzurechnen, indem wir das einwertige Radical $(Zn.OH)$ für ein der Hälfte des Atoms Pb analoges annehmen, resp. $(Zn.OH)_2$ dem Pb analog stellen.

In der Tabelle haben auch zwei Vertreter der Hexachloroplatinate Platz gefunden, deren Formeln ebenfalls durch dieselbe Tektonik zum Ausdruck gebracht werden können. In dieser Tektonik haben wir jetzt nicht zwei analoge Radicale, sondern zwei Substanzen, z. B. $Pt(CNS)_4$ und $(CNSK)$.

Vom früheren Standpunkt der reinen Chemie wäre solche Annahme ganz unzulässig gewesen, da jede chemische Verbindung die der Radicale und keineswegs die der einfacheren Verbindungen ist. Wenn ich aber den

1) Diese Zeitschr. **50**, 574; Annalen des Berg-Instituts zu St. Petersburg **3**, 155.

neuen Standpunkt der physikalischen Chemie richtig begriffen habe, so wird jetzt die Unzulässigkeit solcher Annahme schon ausgeschlossen; natürlich ist die compliciertere Verbindung keine directe Verbindung der beiden einfacheren, aber sie entsteht, wenn der einfacheren die betreffenden Ionen beigegeben werden (eins wird natürlich als Anion, ein anderes als Kathion hinzugefügt).

Aus allem Gesagten erhellt, daß der Hauptfactor, welchem das Erscheinen des Isotektonismus zu verdanken ist, nicht die Art und Analogie der Atome, sondern die allgemeine Verteilung derselben in der chemischen Molekel ist, insofern solche Verteilung durch die chemische Formel zum Ausdruck kommt. Jedenfalls haben wir in allen betrachteten Fällen die Ersetzung einzelner Atome oder deren Gruppen durch andere.

Der Isogonismus kann aber auch auf anderen Wegen zustande kommen, und ich erlaube mir, diese Notiz durch die Angabe einiger Beipiele abzuschließen, in welchen keine Substitution da ist, die Analogie in der chemischen Tektonik aber bestehen bleibt.

Auf ein merkwürdiges derartiges Beispiel hat schon Herr Boeris hingewiesen, welches ich der Deutlichkeit wegen aus den Tabellen entnehme.

3d; —7 61· —5 (Dibenzyl)

3d; —7· 64 —4 (Azobenzol)

| 011 | $0\bar{1}1$ | 101 |

1) Dibenzyl: $C_6H_5CH_2.CH_2C_6H_5$
2) Azobenzol: $C_6H_5N:NC_6H_5$ (rot) Schmelzp. 66,5⁰
3) Stilben: $C_6H_5CH:CHC_6H_5$
4) Tolan: $C_6H_5C:CC_6H_5$

	5	1	3,4	6,7	2			
1)	100	001	110	$\bar{1}11$	$\bar{2}01$	—	—	
2)	100	001	110	$\bar{1}11$	$\bar{2}01$	021	$\bar{4}03$	tafelig nach (111)
3)	100	001	110	$\bar{1}11$	$\bar{2}01$	—	$\bar{4}03$	
4)	100	001	110	$\bar{1}11$	$\bar{2}01$	021	$\bar{4}03$	
	001	111	$1\bar{1}1$	100	$11\bar{1}$	$3\bar{1}1$	$33\bar{1}$	

Boeris, Atti Società Ital. di Sc. natur. Milano 1900, **39**, 111; Calderon, diese Zeitschr. **14**, 234.

Aus diesem Auszug ersieht man freilich, daß hier ein Fall des Isogonismus von nicht so besonders großer Annäherung in den Constanten vorliegt, aber von einer Zufälligkeit dieser Annäherung kann ersichtlicherweise keine Rede sein. Diesen Fällen hätte ich noch eine Reihe analoger hinzufügen können, z. B. für Paraazotoluol: $CH_3C_6H_4.N:NC_6H_4CH_3$ und für Parahydrazotoluol: $CH_3.C_6H_4.NH.NH.C_6H_4CH_3$ hat ein und dasselbe Symbol 6; +0 73· $+\frac{1}{2}$ Geltung.

Für Bisdiphenylketazin: $(C_6H_5)_2C:N.N:C(C_6H_5)_2$ und für Di-

benzophenonparaurazin: $(C_6H_5)_2 : < \begin{smallmatrix} N.CON \\ NCON \end{smallmatrix} > C : (C_6H_5)_2$ gelten die resp. Symbole $\begin{matrix} 6;4\cdot \\ 12 \\ -7 \end{matrix}$ und $\begin{matrix} 6;4\cdot \\ 12 \\ -7 \end{matrix}$[1]), also hat eine sehr große Annäherung statt.

In allen diesen Fällen erscheinen in dem Kerne der Verbindung neue Zwischenglieder, ohne dabei den krystallographischen Complex wesentlich zu ändern.

Das ausführlichere Material, welches die hier angeführten Schlußfolgerungen näher begründet, ist in der Arbeit »Die ersten Resultate des Studiums der Tabellen zur krystallochemischen Analyse«[2]) enthalten.

1) Übrigens sollen die beiden Substanzen identisch sein; die zweite Bezeichnung und Formel sollen unrichtig sein (vergl. Hofmann, diese Zeitschr. **47**, 684).

2) Erscheint im nächsten Hefte dieser Zeitschrift. Die Red.

III. Chemische Molekel und Krystallmolekel.

Von

E. von Fedorow in St. Petersburg.

Obgleich von diesen Begriffen in der wissenschaftlichen Literatur nicht wenig gesprochen wurde, bleiben dieselben der officiellen Wissenschaft fremd, sodaß in den neuesten Handbüchern der allgemeinen Chemie, wie z. B. Ostwald's »Grundriß der allgemeinen Chemie« davon keine Erwähnung gemacht und nur von der chemischen Molekel gesprochen wurde.

Das beweist aber nicht, daß die Frage schon erledigt ist und daß wirklich endgültig bewiesen worden ist, daß keine (von chemischen) verschiedene Krystallmolekel existiere; wäre es so gewesen, so hätten wir davon in Handbüchern Erwähnung gefunden, was nicht der Fall ist. Die Ansichten darüber gehen aber ziemlich weit auseinander.

Wer aber sich auf die Theorie der Krystallstructur stützt, läßt sich notwendigerweise durch die beiden Begriffe leiten, und zwar in dem Sinne, daß die Krystallmolekel von complicierterer Natur ist, nämlich im allgemeinen aus einer Anzahl chemischer Molekeln zusammengesetzt.

Die erste Annahme, welche gemacht wurde, ist die, daß die Anzahl der die Krystallmolekel constituierenden chemischen Molekeln der Symmetriegröße gleich sei. Diese Annahme ist nämlich gültig, wenn die chemische Molekel, wie es wenigstens in den meisten Fällen anzunehmen wäre, keine Symmetrie besitzt. Aber es ist auch die Annahme nicht ganz ausgeschlossen, daß in einigen Fällen die chemische Molekel selbt eine Symmetrieart aufweist.

Leider können wir die chemischen Formeln nicht als die reellen Dinge, sondern nur als die schematischen Ausdrücke solcher Dinge ansehen, und es wäre gerade zu erwarten, daß das eingehendere krystallographische Studium dieser Verhältnisse viel dazu beitragen würde, den chemischen Formeln, als Ausdrücke, größeren reellen Wert zu verleihen.

Indem ich hier einen schwachen Versuch mache in den Gegenstand näher einzudringen, bin ich mir der theoretischen Schwäche desselben gut bewußt, sodaß einem Manne der exacten Wissenschaft, welcher seine Schlußfolgerungen auf mathematisch genaue Gründe zu stützen gewohnt ist, nicht in den Sinn kommen würde, solche Resultate der Öffentlichkeit zu übergeben, wenn nicht der Umstand, daß das, jedenfalls ziemlich vielseitige, Material, welches dabei gesammelt wird, einem schärferen Geiste zu Nutzen kommt; andererseits wäre schwer zu erwarten gewesen, die endgültige Wahrheit ohne vorübergehende schwache Versuche dazu in solchem schwer zu fassenden Gebiete klar zu machen.

Diesem Gebiet ist auch eine Arbeit von Herrn G. Tschermak gewidmet[1]), worin dieser berühmte Forscher eine Reihe von Substanzen hervorhob, bei welchen schon die jetzt geltenden chemischen Formeln die Anwesenheit einiger Symmetrieelemente voraussetzen läßt. Es wird in diesen Formeln ein Kern vorausgesetzt, in bezug auf welchen die mit ihm verbundenen chemischen Radicale als symmetrisch angeordnet gedacht werden können. Im besonderen spielt dabei auch die Verteilung der zugehörigen Wassermolekeln eine Rolle.

Die Frage aber, ob auch der Kern selbst die betreffenden Symmetrieelemente besitzen muß, blieb unbesprochen, sodaß, soviel ich diese Arbeit verstanden, zur Symmetrie des Ganzen die symmetrische Anordnung der peripherischen Teilchen der Molekel hinreichend sein könnte.

Da ich jetzt im Besitze der vollständigeren in Ordnung gebrachten Tabellen bin, so wollte ich die Schlußfolgerungen an diesem vollständigeren Material prüfen.

Bei dieser Prüfung ist natürlich eine auszugsweise Benutzung nicht erlaubt; man muß die Fälle diesen Tabellen lückenlos entnehmen. Und nun habe ich solche Fälle gefunden, welche mit Herrn Tschermak's Ansicht am besten übereinstimmen. Z. B. entnehme ich der Liste der trigonalen Krystalle der hexaëdrischen Hauptstructurart:

3 h

{ 60° 15′ $Fe(CN)_6BaCs_2 . 3H_2O$
{ 60 56 $Ru(CN)_6BaK_2 . 3H_2O$
{ 61 3 $Fe(CN)_6BaK_2 . 3H_2O$.

3 h

60° 20′ Anilinkobaltcyanid $(C_6H_5NH_2)_3H_3Co(CN)_6$.

3 h

61° 6′ $(CH_3)_2CH.C_6H_3(CH_3)OH$ (Thymol).

---

1) Eine Beziehung zwischen chemischer Zusammensetzung und Krystallform in Tschermak's min. u. petr. Mitt. **22**, 393. Ausz. diese Zeitschr. **41**, 495.

3 h
60° 37′ $(NO_3)_{12}Ce_2Mg_3 . 24 H_2O$
60 57 $(NO_3)_{12}(Pr,Nd)_2Fe_3 . 24 H_2O$
61 4 $(NO_3)_{12}Ce_2Ni_3 . 24 H_2O$
61 5 $(NO_3)_{12}Ce_2Zn_3 . 24 H_2O$
61 9 $(NO_3)_{12}Nd_2Mg_3 . 24 H_2O$
61 11 $(NO_3)_{12}Ce_2Co_3 . 24 H_2O$
61 14 $(NO_3)_{12}Ce_2Mn_3 . 24 H_2O$
61 15 $(NO_3)_{12}Gd_2Mg_3 . 24 H_2O$

3 h
61° 16′ $Sb(C_6H_4CH_3)_3$

3 h
61° 45′ $JO_6(NH_4)_2H_3$

3 h
61° 57′ $Ta_2F_{13}(C_5H_6N) . 2 H_2O$ (Pyridintantalfluorid)[1]

3 h
62° 22′ $PtJ_6Ca . 12 H_2O$

3 h
62° 30′ $(W_{12}SiO_{40})Nd_4 . 78 H_2O$
62 30 $(W_{12}SiO_{40})Di_4 . 78 H_2O$
62 58 $(W_{12}SiO_{40})Yb_4 . 78 H_2O$
63 4 $(W_{12}SiO_{40})Tb_4 . 78 H_2O$
63 10 $(W_{12}SiO_{40})Y_4 . 78 H_2O$
63 12 $(W_{12}SiO_{40})Gd_4 . 78 H_2O$
63 20 $(W_{12}SiO_{40})Sm_4 . 78 H_2O$

Das folgende Glied $Si_3O_{10}CaAl_2 . 5 H_2O$ 3h 62° 37′ steht mit der Regel schon in Widerspruch.

Bei so einer bedeutenden Anzahl ausgezogener Fälle finden wir wenigstens für alle Glieder, wo Krystallisationswasser auftritt, dasselbe durch Zahlen vertreten, welche durch 3 teilbar sind; an einigen davon, wie Tritolylstibonium wäre von vornherein die Anwesenheit wenigstens der dreizähligen Symmetrieaxe zu erwarten.

In anderen Arbeiten[2]) habe ich den Schluß ziehen müssen, daß der Anwesenheit des Krystallisationswassers keine bedeutende Rolle in den Krystallisationsverhältnissen zukommt; jedenfalls aber müssen, wenn die Molekel symmetrisch gebaut ist, auch die Wasserteilchen in ihrer Anordnung dem Symmetriegesetze sich unterordnen.

---

1) Leider habe ich zuerst nicht bemerkt, daß dieser Fall der allgemeinen Regel widerspricht.

2) und ganz speciell in der (im nächsten Hefte folgenden. D. Red.) Arbeit »Die ersten Resultate des Studiums der Tabellen zur krystallochemischen Analyse«.

Um also in bezug auf den Wassergehalt eine endgültige Schlußfolgerung zu ziehen, mußte ich die Listen der ideellen Krystalle vollständig durchsehen und habe leider dabei nicht die vollständige Bestätigung gefunden.

Z. B. in der Liste der hypohexagonalen Substanzen wäre jedenfalls nicht geringere Symmetrie in diesem Gehalte zu erwarten, aber es ergab sich das Folgende:

6
$\left\{\begin{matrix} 30^0\ 8' \\ 30\ \ 25 \end{matrix}\right.$ $(C_2H_5SO_4)_3 \left.\begin{matrix} Gd \\ (Pr, Nd) \end{matrix}\right\} 9H_2O$

6
$\left\{\begin{matrix} +30^0 15' \\ +30\ \ 44 \end{matrix}\right.$ $\left.\begin{matrix} Ca \\ Sr \end{matrix}\right\} Cl_2 . 6H_2O$

6
$33^0 30'$ $(BrO_3)_3(Pr, Nd) . 9H_2O$

6
$36^0 40'$ $W_{24}B_2O_{80}K_{10} . 36H_2O$

6
$\left\{\begin{matrix} 37^0 15' \\ 38\ \ 10 \end{matrix}\right.$ $\left.\begin{matrix} W_{12} \\ Mo_{12} \end{matrix}\right\} SiO_{40}K_4 . 18H_2O$

6
$37^0 17'$ $W_{24}O_{81}K_{12}H_6 . 36H_2O$

6
$37^0 25'$ $(ClO_4)_2Ba . 4H_2O$

6
$\left.\begin{matrix} 37^0 50' \\ 38\ \ \ 7 \end{matrix}\right\}$ $(NCS)_6 \left.\begin{matrix} Mo \\ Cr \end{matrix}\right\} K_3 . 4H_2O$

6
$38^0 15'$ $(Mo_9AsO_{31})Cu_3 . 37H_2O$

6
$+38^0 31'$ $Pt(CNSe)_6K_2 . 2H_2O$

6
$39^0\ 7'$ $ClO_4Li . 3H_2O$

6
$\pm 39^0 51'$ $(C_4H_9N_3O_2)SO_4H_2 . 2H_2O$

6
$\left.\begin{matrix} 40^0 10' \\ 40\ \ 20 \end{matrix}\right\}$ $(SO_4)_3 \left.\begin{matrix} Ce_2 \\ La_2 \end{matrix}\right\} 9H_2O$

6
$+40^0 18'$ $Si_4O_{12}Al_2(Na_2, Ca) . 6H_2O$

6
40° 48′ }
41 10 } Mo_9AsO_{31} $\left\{ \begin{array}{l} Na_3 . 15 H_2O \\ K_3 . 14 H_2O \end{array} \right.$

6
+ 41° 30′ $(SO_4)_3Al_2 . 27 H_2O$

6
+ 43° 0′ $SO_3Cl_3Pd(NH_4)_3 . H_2O$

6
+ 47° 28′ $BO_2Li . 8 H_2O$

6
48° 54′ $W_{12}B_2O_{93}H_{12} . 56 H_2O$

6
+ 52° 21′ $CoCl_3 . 3 C_2H_4(NH_2)_2 . 3 H_2O$

6
53° 10′ $SO_{16}(Cl, OH)_4Cu_{15} . 15 H_2O$

6
53° 13′ } $MnCl_6Mg_2 . 12 H_2O$
53 35 } $CdCl_6Ni_2 . 12 H_2O$

6
55° 21′ $(NO_2)_2Ba . H_2O$

6
55° 26′ $(SO_4)_4CePrH . 12 H_2O$

6
55° 56′ $Ta_6O_{19}Na_8 . 25 H_2O$

6
56° 0′ }
56 58 } $\left. \begin{array}{l} (MoO_4)_3 \\ (WO_4)_3 \end{array} \right\} K_2Na_4 . 14 H_2O$

6
57° 16′ $(S_2O_6)_3(Pr, Nd)_2 . 12 H_2O$

6
57° 31′ $W_9PO_{31}K_3 . 14 H_2O$

6
+ 60° 0′ }
+ 60 3 }
+ 60 22 } $S_2O_6 \left. \begin{array}{l} Sr \\ Ca \\ Pb \end{array} \right\} 4 H_2O$

6
+ 61° 2′ $(SO_4)_3Fe_2 . 9 H_2O$

6
+ 63° 0′—20′ $(W_{12}SiO_{40})_3R_4 . 78 H_2O$
($R = Pr, Nd, Sm, Gd, Y, Tb, Yt, Er$)

6
+ 63° 20′ $W_{12}SiO_{40}ErH . 25\frac{1}{2} H_2O$

6
65° 46′ $V_2O_7Na_4 . 18 H_2O$

6

69° 6′, 69 26, 69 39 — $(SO_4)_4Ce \left\{\begin{matrix} Nd \\ Ce \\ La \end{matrix}\right\} H.12H_2O.$

6

72°30′ $P_2O_5.2TeO_3.2Na_2O.9H_2O$

6

73° 7′ d-trans-Camphotricarbonsäure $C_{10}H_{14}O_6.\frac{1}{2}H_2O$ (?)

6

78°49′ $2\dot{J}O_3Na.3NaJ.20H_2O$

6

79°30′ $(C_{19}H_{22}N_2O)_2(SbO)_2.(C_4H_4O_6)_2.5H_2O$
(Cinchoninantimonyltartrat)

6

80°58′ $(C_{20}H_{26}N_2O)_2SO_4H_2.11H_2O$ (Hydrocinchoninsulfat)

6

+ 81°28′ $C_{32}H_{52}N_2O_3.2HCl.H_2O$ (Lycopodinhydrochlorid)

6

83°30′ $2As_2S_3O_2Na_2.7H_2O.$

Sehen wir schon davon ab, daß hier eher zu erwarten wäre, den Zahlen, welche in bezug auf 6 vielfache sind, zu begegnen, so finden wir, daß diejenigen ein kleines Übergewicht haben, welche nicht durch 3 teilbar sind; somit äußert sich keineswegs das Gesetz der Symmetrie in der Anordnung des Krystallisationswassers.

Dieses Resultat scheint unzweideutig dafür zu sprechen, daß die Symmetrieäußerung nicht in der chemischen, sondern in der Krystallmolekel zu suchen ist.

Aber es ist der Fall nicht ausgeschlossen, daß eine Symmetrieart schon der chemischen Molekel zukommt. Dann kann man mit mathematischer Genauigkeit daraus folgern, daß in diesen Fällen notwendigerweise auch der Krystall selbst eine Symmetrie besitzt, in bezug auf welche die Symmetrieart der chemischen Molekel die untergeordnete ist[1]).

Dies ist eine ganz exacte Folgerung aus dem Symmetriegesetz, denn die Symmetrieelemente der chemischen Molekel, welche zum Baustein der Krystallmolekel dient, können nicht verloren gehen; im allgemeinen aber führt die Wiederholung der gleichen Teile (der chemischen Molekel) in der

1) Wie aus den Elementarlehrbüchern der Krystallographie bekannt, ist eine solche Symmetrieart untergeordnet, in welcher nur dieselben Symmetrieelemente auftreten, aber nicht in vollständiger Vertretung.

Krystallmolekel in dieselbe neue Symmetrieelemente ein, wodurch die Symmetriegröße nur rational vergrößert werden kann.

Denken wir uns den einfachen Fall, welchen man auf experimentellem Wege sehr leicht zur Ausführung bringen kann, daß die wirkliche Zusammensetzung durch das Schema R_2 zum Ausdruck kommt (wo R ein beliebiges Radical ist).

Die Wiederholung von zwei gleichen Teilen in der Molekel bringt ein zweizähliges Symmetrieelement mit sich; nach der Symmetrielehre kann aber dieses Element 1) zweizählige Symmetriaxe, 2) Symmetrieebene oder 3) ein Inversionscentrum sein.

Eigentlich ist nur der erste Fall der reine Fall der Wiederholung von gleichen Teilen; in beiden anderen sind die Teile nicht deckbar, sondern symmetrisch gleich.

Nun ist sogar diese Grundfrage nicht einmal aufgestellt worden. Zur Lösung derselben haben wir aber ein außerordentlich reiches Material, welches uns lehrt, daß nur sehr selten die beiden symmetrischen Teile der Molekel nicht zugleich zur Bildung gelangen.

In dieser Minorität der Fälle lassen sich die rechten und die linken in ihren Eigenschaften insofern unterscheiden, als es in manchen Fällen sogar möglich ist, dieselben voneinander zu trennen. In den überaus meisten Fällen sind die beiden Teile, wie es scheint, in gleichem Maße vertreten. Es liegt die Idee nahe, daß dieselben sich leicht ineinander verwandeln, sodaß die Sache sich so gestaltet, als ob in der Krystallmolekel die Elemente der directen Symmetrie (Symmetrieebene, Inversionscentrum) vorhanden sind; sonst würde es schwer begreiflich sein, weshalb so allgemein die Neutralisation zustande kommt und keine Spur der ungleichen Verteilung der rechten und der linken Teile in der Krystallsubstanz sich bemerken läßt.

Außerdem wissen wir aus der Lehre von der regulären Raumteilung[1]), welche regelmäßigen Molekelsysteme entstehen unter Annahme der Anwesenheit der Symmetrieelemente in der chemischen Molekel, wenn dabei die betreffende Symmetrieart niedriger ist als die des Krystalles. Dann erhalten wir außer den expliciten Symmetrieelementen der Molekel selbst noch die Verbandssymmetrieelemente, welche die relative Lage (die Orientierung) der denselben nächsten bestimmen. Somit kommen die asymorphen Systeme zustande, für welche bis jetzt in den Anwendungen der Krystallographie keine Erwähnung getan wurde.

Also, wären die chemischen Molekel durch irgend welche

1) Eine ziemlich vollständige Darlegung dieser Lehre ist durch die Arbeit »Reguläre Plan- und Raumteilung«, Abh. d. bayer. Akad. d. Wiss. 1899 geschehen.

Symmetrieelemente ausgezeichnet, so würden in der Krystallsubstanz die asymorphen Systeme (der Lehre von der regulären Raumteilung) vertreten sein.

Dieselben lassen sich streng bestimmen durch ein Raumelement (Paralleloëder) mit der ihm zukommenden expliciten Symmetrie und durch ein Element der Verbandssymmetrie.

Das erstere werden wir aus der chemischen Formel, das letztere aus der Symmetrieart des Krystalles entnehmen. Falls die Combination dieser beiden sich als geometrische Unmöglichkeit erweist, so wird dies zum Beweise dafür dienen, daß die voraussichtlich (anders ist es jetzt unmöglich) angenommene Symmetrie der chemischen Molekel in der Tat nicht existiert und folglich die angegebene Formel die wirklichen Raumverhältnisse der chemischen Molekel nicht richtig ausdrückt.

Da gerade solche Unmöglichkeit an einigen Beispielen sich constatieren läßt, so wird daraus klar, wie wichtig für die richtige Aufstellung der chemischen Formel, welcher reelle Bedeutung zukommen muß, die Kenntnis der Lehre von der regulären Raumteilung ist.

Als das erste Beispiel nehme ich:

p-Diaminoterephtalsäurediäthylester (stabil[1])

30
$55^0 45'$

$CO_2C_2H_5C$ — CH
NH_2C ⟨ ⟩ CNH_2
HC — $CCO_2C_2H_5$

Rhomboëdrische Symmetrieart.

Der angegebenen chemischen Formel gemäß muß für die chemische Molekel ein Inversionscentrum angenommen werden (nicht die zweizählige Symmetrieaxe, da solche Axen in dem Krystall fehlen; natürlich auch nicht die Symmetrieebene). Die Verbandselementsymmetrie, wie direct ersichtlich ist, ist die dreizählige Symmetrieaxe (eigentlich Schraubenaxe).

Nun aber lehrt uns die Lehre von der regulären Raumteilung, daß solche Combination von expliciter und Verbandssymmetrie nicht möglich ist[2]).

Dadurch ist unwiderleglich bewiesen, daß in der Tat die Molekel dieser Substanz keine Symmetrieelemente enthält, und die Symmetrie des Krystalles ihren Grund ausschließlich in der Wiederholung der gleichen chemischen Molekel in der Krystallmolekel hat, und das regelmäßige Molekelsystem, welches diesen Krystall bestimmt, ist das einfache symmorphe System 13 a VII[3]), welches unter Nr. 108 angegeben ist.

---

1) Muthmann, diese Zeitschr. **15**, 64; die labile Modification erscheint in monoklinen Krystallen.

2) l. c. S. 92, wo unter solchen Systemen diejenigen der hexagonalen Syngonie fehlen. 3) l. c. S. 41 und Taf. III.

Als zweites Beispiel können wir Natriummetaperjodat $J_2O_8Na_2.6H_2O$ annehmen mit dem Symbol $\overset{3o}{55^0 45'}$. Die merkwürdige Entwicklung der Formen dieser Substanz[1]) läßt keinen Zweifel darüber, daß die betreffende Symmetrieart die trigonal-pyramidale ist. Somit kann man direct den Schluß ziehen, daß die chemische Molekel asymmetrisch ist, obgleich die chemische Formel dem Typus R_2 entspricht, weil alle Elemente in geraden Zahlen vertreten sind. Die dreizählige Symmetrieaxe hätte also ausschließlich als Element der Verbandsymmetrie erscheinen können, und würde als ein regelmäßiges System mit lauter (rechten und linken) dreizähligen Schraubenaxen erscheinen. Aus der erwähnten Arbeit über reguläre Raumteilung ersieht man aber, daß ein solches System eine geometrische Unmöglichkeit ist. Folglich ist die einzige Annahme zulässig, daß drei chemische Molekel zu einer Krystallmolekel sich verbinden und somit das symmorphe regelmäßige System 13 VII[2]) zustande kommt, welches unter Nr. 89 in der Liste steht.

Somit sind wir keinem einzigen Fall mit der bewiesenen Anwesenheit der Symmetrieelemente in der chemischen Molekel begegnet.

Die anderen Beispiele, in welchen die Deutung nicht die singuläre ist, können ausschließlich als grobes empirisches Material angegeben werden (außer den beiden ersten).

Hierzu gehören:

3. Kaliumdithionat[3]) $S_2O_6K_2$. $\overset{6}{+36^0 45'}$.

Da die Symmetrieart der Krystalle die trigonal-trapezoëdrische ist, und da aus eben erörterten Gründen die Annahme der Anwesenheit der zweizähligen Symmetrieaxe in der chemischen Molekel ausgeschlossen ist, so bleibt wieder nur die Annahme des symmorphen Systems 14 IV übrig, welches in der Liste unter Nr. 96 gestellt wurde.

Es ist von Interesse, diese Substanz mit der tetragonalen Substanz Kaliumdithionat. Natriumchlorid $S_2O_6K_2.NaCl$ zusammenzustellen, für welche das Symbol $\overset{4h}{61^0 50'}$ gültig ist, obgleich die Symmetrieart nicht näher constatiert worden ist.

---

1) Am einfachsten ist dies aus den Abbildungen zu ersehen, welche in Groth's Chem. Kryst. **2**, 178 angegeben sind. Meine persönlichen Beobachtungen haben zu einer sehr großen Abweichung in der Hauptzahl des Symboles geführt.

2) l. c. Taf. V und S. 40.

3) Weiß, Sitzungsber. d. Akad. Wiss. Wien 1859, **37**, 372: Groth's Chemische Kryst. **2**, 690.

4. Benzil[1] $(C_6H_5.CO)_2$. $\overset{6}{+62^{0}0'}$.

Auch hier ist die Annahme der Anwesenheit des Inversionscentrums oder der zweizähligen Symmetrieaxe in der chemischen Molekel ausgeschlossen, sodaß nur die Annahme übrigbleibt, daß alle Symmetrieelemente dieser trigonal-skalenoëdrischen Substanz zur Ausbildung des symmorphen Systems 14a IV führen, welche in der Liste unter Nr. 111 gestellt wurde.

Außerdem sind in meiner Liste noch folgende Substanzen aufgezeichnet:

5. Kalomel[2] $(HgCl)_2$. $\overset{4h}{67^{0}50'}$

6. Hexammin-Natriumcuprosilberthiosulfat[3] $(S_2O_3)_8AgCu_2Na_{10}.6NH_3$. $\overset{4o}{30^{0}38'}$

7. Methylphenylketon[4] (Strukturformel: zwei Benzolringe, verbunden über C — C; CH_3OH CH_3OH). $\overset{4o}{41^{0}46'}$

8. Duplodithioaceton[5] $[(CH_3)_2CS_2]_2$. $\overset{4d}{50^{0}49'}$

Meiner Erfahrung gemäß gehören die meisten Substanzen dieses chemischen Typus zur rhombischen Syngonie, wie z. B. Oxalsäure $(CO_2H)_2$ mit dem Symbol $\overset{4d}{\underset{2}{60}}$ und Dichlordiphenyl $(C_6H_4Cl)_2$ mit dem Symbol $\overset{4d}{\underset{2}{61}}$; diese beiden sind sogar als isotektonische anzusehen.

Als seltene Fälle wurden aber auch monokline und sogar trikline aufgefunden, und zwar:

1. Chinon[6] $C_6H_4O_2$. $\overset{3h;\,-13}{\underset{-1}{59}}$

2. Hexahydroterephtalsäurediphenylester[7]

$$\begin{matrix} & CH_2 \quad CH_2 & \\ {}^{CO_2C_6H_5}_{H}>C\langle & & \rangle C<{}^{H}_{CO_2C_6H_5} \\ & CH_2 \quad CH_2 & \end{matrix}$$

$\overset{3o;\,+2}{\underset{+5}{41}}$

---

[1] Des Cloizeaux, Compt. Rend. **68**, 308 und Poggend. Annal. **137**, 629; entnommen aus Rammelsberg's Handb. d. kryst.-physik. Chemie 1881, **2**, 199 mit Herbeiziehung eigener Beobachtungen.

[2] Schabus, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1852, **9**, 389; Groth's Chem. Kryst. **1**, 214.

[3] Brown und Travis, Amer. chem. Soc. 1904, **26**, 947; Groth's Chemische Kryst. **2**, 671.

[4] Riva, Giorn. d. Miner. Crist. **5**, 302; diese Zeitschr. **26**, 218.

[5] Stuhlmann, diese Zeitschr. **14**, 161; Groth's Chem. Kryst. **3**, 199.

[6] Levin, diese Zeitschr. **7**, 527. [7] Muthmann, diese Zeitschr. **17**, 471.

3. p-Diamidropyromellithsäuretetraäthylester[1])

$CCO_2C_2H_5$ $C.CO_2C_2H_5$

NH_2C CNH_2

$CO_2C_2H_5C$ $C.CO_2C_2H_5$

3o; +10
55
$-\frac{1}{2}$

1,2 4,5

4. Dibromoparaxylen[2]) $C_6H_2(CH_3)_2Br_2$.

3o; −14
54·
$-\frac{1}{2}$

5. Oxamid[3]) $(CONH_2)_2$.

3o; −7·
56·
0

6. Dichinolylin[4]) $(C_9H_6N)_2$.

3d; +14
47
−1

7. Diphensäuremethylester[5]) $(C_6H_4CO_2CH_3)_2$.

3d; +4
63
+5

8. Naphtalin[6]) $C_{10}H_8$

3d; +7
65
+5·

Als triklin erweisen sich:

9. Dihydrophtalsäure[7]) $C_6H_6(CO_2H)_2$.

3o; −12· 3
41· ; −30
+2·

10. p-s-Dimethylbernsteinsäure[8]) $\{CH(CH_3).CO_2H\}_2$.

3d; −14 2
62· ; +15
−1·

Wie man aus dieser Liste ersieht, ist dieselbe ausschließlich der Tabelle der trigonaloïden Krystalle entnommen.

Die beiden letzten Beispiele sind die besten Zeugnisse dafür, daß die Substanzen dieses chemischen Typus sogar in Krystallen keine Symmetrie aufweisen können; um so mehr ist dies für die chemische Molekel der Fall.

Wenden wir uns jetzt den Substanzen des chemischen Typus R_3 zu. Natürlich sind solche Substanzen viel seltener zu treffen; aber doch sind einige Beispiele in meiner Liste aufzufinden.

1) Muthmann, diese Zeitschr. **15**, 70.
2) Miers und Pope, diese Zeitschr. **20**, 323.
3) Schabus, Ref. in Groth's Chem. Kryst. **3**, 139.
4) Brauns, Ber. d. d. chem. Ges. 1889, **17**, 2768; diese Zeitschr. **11**, 396.
5) Calderon, diese Zeitschr. **4**, 238.
6) Negri, Ausz. diese Zeitschr. **25**, 411.
7) Muthmann und Ramsay, diese Zeitschr. **17**, 80.
8) Brezina, Ausz. in Groth's Chem. Kryst. **3**, 468.

Ich begnüge mich für jetzt mit folgenden Beispielen:

1. Metawolframsäure[1]) $W_{24}O_{81}H_{18}.48H_2O$. 3h 55° 50′

Für die Substanzen dieser Art wäre ganz gut zulässig gewesen, wenigstens die Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe in der chemischen Molekel anzunehmen, da diese Axe die explicite in dem regelmäßigen System gewesen wäre; ob aber diese Axe allein oder noch einige andere Symmetrieelemente darin vertreten sind, bleibt noch dahingestellt; damit ist die Frage verbunden, ob die chemische Molekel mit der Krystallmolekel identisch ist oder nicht, und zugleich, ob das regelmäßige System das symmorphe oder asymmorphe ist.

2. Triparatolylentriamin[2]) $C_{21}H_{21}N_3$. 3o 48° 7′

3. Trinitrophloroglucin[3]) $C_6(NO_2)_3(HO)_3H_2O$. 6 26° 0′

Für diese Substanz erscheint sehr rätselhaft, daß nur eine Molekel Krystallisationswasser angegeben wird. Natürlich ist diese Aufgabe eine rein chemische. Falls aber diese Tatsache außer Zweifel gestellt wird, so würde es dann, bei der Annahme des Vorhandenseins der dreizähligen Symmetrieaxe in der chemischen Molekel, nicht möglich sein, ihr die axiale Stellung zu belassen. Solche Annahme kommt mir zweifelhaft vor, da das Vorhandensein einer solchen Symmetrieaxe für H_2O mir wenig wahrscheinlich scheint.

Fast als paradox erscheint das Beispiel von

4. Metaldehyd[4]) $(CH_3.CHO)_3$. 4o 28° 54′

Der chemischen Formel gemäß könnte man nur eine dreizählige Axe und keineswegs eine vierzählige Axe erwarten. Ob es zulässig ist, anzunehmen, daß die angegebene Formel nur für den Dampf zutrifft, in Krystallen aber die Polymerisation anders zustande kommt, werden die reinen Chemiker entscheiden.

In bezug auf die Symmetrieverhältnisse des Benzolkernes haben wir nur sehr schwache Erfahrung, indem die einfachsten Verbindungen meist in den Tabellen nicht vertreten sind.

Wären zwei H in diesem Kerne durch zwei gleiche Radicale substituiert, so hätte man erwarten können (von der gewöhnlichen Vorstellung Kekulé's sich leiten lassend), daß die Substitutionen in Ortho- und Parastellung durch höhere Symmetrie sich auszeichnen sollen, als diejenigen

1) Copaux, Ann. d. chim. 1909 (8), **17**, 217; diese Zeitschr. **50**, 319.
2) Fletcher, Journ. chem. Soc. 1880, **37**, 548; diese Zeitschr. **9**, 91.
3) Ditscheiner, diese Zeitschr. **5**, 646.
4) Haushofer, diese Zeitschr. **7**, 267; Groth's Chem. Kryst. **3**, 47.

der Metastellung. Dem widerspricht aber das Verhältnis zwischen Nitrosubstitutionen, welches der Erwartung gerade entgegengesetzt ist, indem die Metaverbindung rhombisch, Ortho- und Paraverbindungen aber monoklin sind[1]).

Für zweipaarige Substitutionen haben wir sogar einen Fall des Erscheinens der ideellen Krystalle, und zwar $\overset{4d}{70^{\circ}19'}$ für $C_6H_2\overset{1,2}{(NO_2)_2}\overset{3,5}{Cl_2}$[2]).

Im allgemeinen besteht in bezug auf die Krystallform ein großer Unterschied zwischen zwei Substitutionen von gleicher Zusammensetzung und verschiedener Lage; aber es sind Beispiele bekannt, in welchen dies nicht der Fall ist, wie für Dinitrotribromtoluole $C_6\overset{6,4,2}{Br_3}\overset{5,3}{(NO_2)_2}\overset{1}{CH_3}$ und $C_6\overset{5,3,2}{Br_3}\overset{6,4}{(NO_2)_2}\overset{1}{CH_3}$[3]), für welche beiden das Symbol $\begin{matrix}6;+5\\41\\+2\end{matrix}$ gültig ist.

Es ist eine allzusehr bekannte Tatsache, daß die chemischen Elemente selbst in höheren Symmetriearten krystallisieren. Die Tatsache läßt sich in dem Sinne verallgemeinern, daß überhaupt die höhere Symmetriegröße den einfachsten Verbindungen zukommt, sodaß durch Krystalle der kubischen Syngonie die Elemente in größerem Maße vertreten sind, als dies für andere chemische Typen der Fall ist[4]).

Natürlich ist dies noch kein Gesetz, sondern eine empirische Regel, welche zur Aufsuchung des echten Gesetzes anregt.

Ob aber die Atome selbst sich durch Symmetrie auszeichnen, ist die Frage, welche eine gründlichere Besprechung erfordert.

Man kann nur bestimmt sagen, daß 1) falls ein Atom sich durch eine bestimmte Symmetrieart auszeichnet, die Valenz desselben durch die Symmetriegröße ausgedrückt werden muß, und 2) falls eine chemische Molekel entsteht, deren Elemente mit denen des Atoms selbst in ihrer Anordnung übereinstimmen, so müssen dieselben sämtlich Krystalle bilden, deren Symmetrieart die gleiche oder eine höhere ist.

Daraus ist aber der Schluß zu ziehen, daß die einwertigen Atome jedenfalls asymmetrisch sind. Die Atome mit veränderlicher Valenz sind

1) Nach Untersuchungen von Herrn Bodewig (Poggend. Annal. 158, 239; entnommen aus Rammelsberg's Handb. **2**, 278.

2) Hier ist das Mittel genommen zwischen den Zahlen von Artini (Rendic. d. real. Ist. Lombard. 1907 (2a), **40**, 1024; diese Zeitschr. **46**, 408 und Jaeger, diese Zeitschr. **44**, 574.

3) Jaeger, diese Zeitschr. **40**, 359.

4) In der Arbeit »Die Krystalle der kubischen Syngonie«, in welcher sämtliche hierzu gehörende Substanzen zusammengestellt sind, tritt dies sehr scharf hervor und zugleich die Tatsache, daß die echten organischen Verbindungen fast keinen einzigen Vertreter darin haben.

ebenfalls asymmetrisch: nur wenn die bestimmte Valenz sehr scharf zur Äußerung kommt, während die Abweichung von derselben nur andeutungsweise erscheint, kann man von einer Annäherung an bestimmte Symmetrie sprechen.

In der Tat haben wir einerseits die Elemente mit sehr scharf ausgesprochener Valenz, wie *C*, *Ca*, *Al*, *K* (und die betreffende Reihe, welcher auch NH_4 hinzuzurechnen ist); andererseits haben wir solche Elemente, wie die Halogene *N*, *P* u. dergl., für welche verschiedene Valenzen fast gleichwertig zur Äußerung kommen.

Da unter allen diesen Elementen *C* von höherer Valenz ist, so entsteht natürlich in erster Linie die Frage, ob diesem Elemente die höhere Symmetrie zukommt.

Nun haben die reinen Chemiker, von der krystallographischen Erfahrung ganz unabhängig, diesem Elemente die Form des Tetraëders zugeschrieben; von seiten der Krystallographen wurde meines Wissens kein Wort dagegen ausgesprochen, wie sonderbar es auch klingt, eine Welt, wie man sich jetzt die Atome vorstellt, in der Tetraëderform zu denken.

Jetzt sind wir aber in der Lage, diese Vorstellung an der Hand der directen Erfahrung zu prüfen, indem wir die Krystallisationen der Verbindungen des Typus CR_4 erforschen, welche sämtlich der kubischen Syngonie angehören müssen. Es ist anders zu denken nicht möglich, wenn wir dem Atome *C* schon das Vorhandensein solcher Symmetrieelemente zuschreiben würden.

Leider ist die uns zur Verfügung stehende Erfahrung noch zu gering, um den endgültigen Schluß daraus ziehen zu dürfen; wenigstens bin ich jetzt in der Lage nur folgende Tatsachen in Anspruch zu nehmen.

Es sind gut bekannt die Krystalle von Pentaërythrit[1]), eine Substanz, welcher von mancher Seite die Formel $C(CH_2OH)_4$ zugeschrieben wird. Diese Krystalle sind ditetragonal pyramidal und drücken sich aus durch das Symbol $\overset{4d}{55^0 22'}$.

Es ist nicht die Aufgabe eines Krystallographen, auf die Kritik der chemischen Formeln einzugehen. Soll aber die angenommene die richtige sein, so ist der Widerspruch mit dem Erwarteten nicht abzusprechen. Der Krystallograph kann aber dem beifügen, daß der Widerspruch gar nicht zu groß ist, da einem Krystall der kubischen Syngonie die constante Hauptzahl $54^0 44'$ zukommt und diese Zahl von der beobachteten nur sehr wenig abweicht.

1) Martin, N. Jahrb. f. Min. usw. 1891, Beil.-Bd. **7**, 18; diese Zeitschr. **21**, 138; Groth's Chem. Kryst. **3**, 385.

Vom mathematischen Standpunkte aus hätte man sagen können, daß, wenn auch das C-Atom kein geometrisch genaues Tetraëder ist, es doch diesem Begriff sehr nahe kommt, da sonst die Abweichung viel größer sein müßte.

Ich hätte auf eine Tatsache hinweisen können, welche von denjenigen, welche mit so elementaren Begriffen der Krystallographie wie dem des Complexsymboles nicht bekannt sind, für einen eclatanten Widerspruch mit der eben entwickelten Vorstellung von van t' Hoff betrachtet worden wäre. Ich meine die Krystallisation von CBr_4; diese Krystalle gehören nämlich der monoklinen Syngonie zu, wie aus Zirngiebl's Messungen hervorgeht[1]). Derselbe gibt die Constanten $a:b:c = 1,7414:1:1,9617$; $\beta = 125^\circ 3'$, aus welchen eine colossale Abweichung von den Constanten der kubischen Krystalle sich kundgibt. Dieser Autor hat aber die notwendige Operation der kritischen Bearbeitung der Formentwicklung versäumt. Meine persönliche Bearbeitung hat aber mich zu dem Complexsymbol $\overset{4\,\mathrm{d}:\,\pm\frac{1}{2}}{\underset{-0}{55\cdot}}$ geführt, was im Gegenteil eine sehr große Annäherung an die Krystalle der kubischen Syngonie aufweist. Wäre mein Ausdruck der richtige gewesen, so hätten wir nur dasselbe zu wiederholen, was oben gesagt wurde, und in dieser Tatsache nicht den Widerspruch, sondern eine scharfe Bestätigung der van t' Hoff'schen Vorstellung erkennen müssen. Daß die Welt, welche durch das C-Atom vertreten wird, nicht das geometrisch genaue Tetraëder ist, glaube ich, wird auch von den Herren Chemikern überhaupt und speciell von Herrn van t' Hoff angenommen worden sein.

Die Verbindung CJ_4, obgleich nicht genauer untersucht, ist doch als ein reguläres Oktaëder beschrieben worden.

Natürlich ist es sehr wünschenswert, ein viel größeres Material zur Verfügung zu haben, was eigentlich keine schwierige Aufgabe ist; aber bis jetzt habe ich eigentlich keinen eclatanten Widerspruch der van t' Hoff-schen Vorstellung gefunden.

Es ist natürlich, von C zu anderen ihm nahestehenden Elementen, wie Si, Ti usw. überzugehen.

Aber schon in bezug auf Si sind sehr leicht widersprechende Tatsachen aufzufinden, z. B. für Tetraphenylsilicium[2]) $Si(C_6H_5)_4$ haben wir tetragonale Krystalle mit dem respectiven Symbol $\overset{4\mathrm{o}}{41^\circ 20'}$; für Paratetratolylsilicium[3]) ist das respective Symbol $\overset{3\,\mathrm{h};\,-15}{\underset{-\frac{1}{2}}{63}}$.

1) Groth's Chem. Kryst. **1**, 230.

2) Arzruni, Ber. d. d. chem. Ges. 1886, **19**; diese Zeitschr. **14**, 96.

3) Ebenda.

Diesen Tatsachen gegenüber muß jeder Gedanke an eine Annäherung des Si-Atoms an das Tetraëder beiseite gelassen werden.

Wenn ein Element eine Verbindung des Types ER_3 (resp. E_2R_3) gibt, und selbst genau oder angenähert durch eine dreizählige Symmetrieaxe ausgezeichnet ist, so würde zu erwarten sein, daß solche Verbindungen sämtlich durch die Anwesenheit wenigstens einer dreizähligen Symmetrieaxe sich auszeichnen.

Nun will ich eine Reihe solcher Verbindungen zusammenstellen.

1. Triphenylbromomethan[1]) $CBr(C_6H_5)_3$. — $\overset{3\text{h}}{47^0 50'}$

Nähert sich das C-Atom dem Tetraëder, so ist zu erwarten, daß $\overset{\text{I}}{CR}$ für ein Element angenommen werden kann, welches annähernd eine dreizählige Symmetrieaxe besitzt, was mit der durch dieses Beispiel vertretenen Tatsache in voller Übereinstimmung steht, obgleich immer noch die Möglichkeit vorhanden ist, zu denken, daß die chemische Molekel asymmetrisch ist, und die Symmetrie einzig und allein durch nähere Vereinigung einer Anzahl von solchen Molekeln zu einer Krystallmolekel verursacht wird.

Hieran ist, ohne weitere Erklärungen, auch das folgende Beispiel anzureihen.

2. Jodoform[2]) CHJ_3. — $\overset{6}{52^0 0'}$

Auch in diesem Falle ersehen wir die Übereinstimmung mit den Bemerkungen.

3. Wismuthocker[3]) Bi_2O_3. — $\overset{3\text{h}}{53^0 8'}$

Dieses Beispiel soll der Lösung der Frage entgegenkommen, ob das Bi-Atom eine dreizählige Symmetrieaxe besitzt. Wenn wir speciell in dieser Tatsache eine Bestätigung solcher Annahme ersehen können, so darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Lösung der Frage nur dann erreicht ist, wenn keine einzige Tatsache dem widersprechen wird; bis dahin haben wir nur ein Material zur Besprechung. Für dieses Element ist diese Erwägung besonders deswegen von Wichtigkeit, weil die Valenz desselben nicht ganz rein zur Äußerung kommt.

1) Hintze, diese Zeitschr. **9**, 549. Die Krystalle von Triphenylmethan sind zwar rhombisch, aber vom hypohexagonalen Typus und fast als pseudohexagonal zu bezeichnen, da für sie das Symbol $\underset{-\frac{1}{2}}{\overset{6}{66}}$ gilt (diese Zeitschr. **5**, 478). Dieselbe Verbindung mit C_6H_6 krystallisiert aber genau hexagonal ($\overset{3\text{d}}{55^0 34'}$), wie dies aus der Arbeit von Hintze (diese Zeitschr. **9**, 545) hervorgeht.

2) Pope, Journ. of chem. Soc. 1899, **75**, 46; diese Zeitschr. **34**, 437; Groth's Chem. Kryst. **3**, 4. Vergl. Nachtrag.

3) Schaller und Ransome, diese Zeitschr. **48**, 16.

4. Korundgruppe (Al_2O_3, Ti_2O_3, Cr_2O_3, FeO_3). $\overset{3h}{56^0 40}$—$\overset{3h}{57^0 50}$.

Hierzu ist dieselbe Bemerkung gelten zu lassen, welche in bezug auf die vorige Verbindung gemacht wurde.

Außerdem ist zu beachten, daß, wenngleich für das *Al*-Atom die Annahme der Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe sehr natürlich ist, dieselbe für die übrigen hier aufgezählten Elemente ganz unzulässig ist, besonders in bezug auf das *Ti*-Atom, welches in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als vierzählig auftritt[1]).

Es ist noch die Verbindung $AlF_3 . H_2O$ bekannt. für deren Krystalle das Symbol $\overset{4d}{\underset{7}{72\cdot}}$ gilt. Hätten wir von dem Gehalte des Krystallisationswassers absehen können, so wären wir mit der Annahme der dreizähligen Symmetrieaxe in Widerspruch gekommen. Jedenfalls stellt das Vorhandensein dieser Verbindung die Annahme der dreizähligen Symmetrieaxe für *Al* in Zweifel.

5. Isomorphe Gruppe $RJ_3 3S_8$($R = Sb$, As, P)[2]). $\overset{3o}{39^0 30'}$.

Dieses Beispiel kann dafür sprechen, daß auch die Atome der hier aufgezählten Elemente sich durch eine dreizählige Symmetrieaxe auszeichnen. Dieselbe Symmetrieaxe ist auch den einfacheren Verbindungen PJ_3, AsJ_3 und SlJ_3 eigen; aber dies hat nur für eine Modification statt, während es noch eine andere, rhombische Modification derselben Verbindungen gibt als solche hat sie mit der dreizähligen Symmetrieaxe nichts zu tun, und folglich ist keinesweges die Annahme zulässig, daß diesen Elementen eine dreizählige Symmetrieaxe eigen ist.

6. Aluminiumtrichlorid[3]) $AlCl_3 . 6H_2O$. $\overset{3o}{51^0 2'}$.

Diese Tatsache stimmt mit der Annahme des Beispiels 4 überein und bringt nichts Neues.

1) Speciell in bezug auf die Krystallisation dieser Gruppe wurde in einer meiner Arbeiten hervorgehoben (Annalen des Berginstituts zu St. Petersburg **1**, 202), daß diese Krystallisation so vor sich geht, als ob submolekulare Verwachsung in Zwillingsstellung stattgehabt hätte; auf diese Weise entstehen solche Krystalle des Korunds, daß dieselben eher dem hypohexagonalen Typus zuzurechnen wäre. Wäre diese Schlußfolgerung als richtig erkannt, so würde weiter daraus zu schließen sein, daß für diejenigen Korundkrystalle, welche sich als hypohexagonal erweisen, der Bau eines assymorphen regelmäßigen Systems zu erkennen ist.

2) Demassieux, Bullet. de la Soc. franç. de Minéral. 1909, **32**, 387; diese Zeitschr. **50**, 316.

3) Gill, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1895, **9**, 340; diese Zeitschr. **29**, 300; Groth's Chem. Kryst. **1**, 250.

7. Hexamin-Natriumammoniumiridiumsulfit[1] 3o
$(SO_3)_6Ir_2(NH_4)_3Na_3 . 6NH_3 10H_2O.$ 59° 0′

Aus dieser chemischen Formel ist zu ersehen, daß, wenn es überhaupt nötig ist, daraus auf die Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe zu schließen, diese nur dem *Ir*-Atom zuteil werden kann. Aber mir scheint von vornherein solche Annahme unzulässig, da das Element öfters zur Bildung von Verbindungen des Typus IrR_4 führt.

8. Hexacarbamid-Chromtribromid[2] 3o
$\{Cr[CO(NH_2)_2]_6\}Br_3 3H_2O.$ 60° 34′

Was im vorigen Beispiel von *Ir* gesagt wurde, gilt in diesem für *Cr*.

Hierzu ist auch das respective Chromtrichlorid zuzurechnen, da dieses durch das Symbol 3o 61° 37′ sich ausdrücken läßt und mit -bromid für isomorph gehalten werden kann.

9. Kaliumhexacyanoiridiat[3] $Ir(CN)_6K_3$. 6 28° 4′

Auch hier würde von dreizähliger Symmetrieaxe nur beim *Ir*-Atom die Rede sein können, wie oben erwähnt wurde.

10. Beryll $Si_6O_{18}Al_2Be_3$. 6 29° 57′

Dieses Beispiel kann wieder auf die Symmetrieaxe beim *Al*-Atom hinweisen.

11. Gadolinium (resp. Didym)äthylsulfat[4] 6 6
$(C_2H_5SO_4)_3Gd$ (resp. *Pr*, *Nd*). $9H_2O$. 30° 8′ resp. 30° 25′

Dieses Beispiel hätte auf die Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe in der Gruppe dieser seltenen Element-Atome hinweisen können; aber dem ist nicht so, da die Krystalle sogar von so einfachen Verbindungen, wie $LaCl_3 . 6H_2O$ und $CeCl_3 . 6H_2O$ zu den triklinen gehören.

Dasselbe läßt sich auf die folgenden Verbindungen anwenden.

12. Didymbromat[5] $(BrO_3)_3(Pr,Nd) . 9H_2O$. 6 33° 30′

---

1) Birnbaum, Ber. d. d. chem. Ges. 1879, **12**, 1544; Groth's Chem. Kryst. **2**, 302.

2) Lewis, Proceed. Royal. Soc. London 1889, **45**, 321; diese Zeitschr. **20**, 96; Groth's Chem. Kryst. **3**, 542.

3) Fock, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1907, **52**, 406; diese Zeitschr. **47**, 677.

4) Morton, Öfvers. Sv. Vet. Handl. 1885, **6**, 189; diese Zeitschr. **12**, 517; Benedicks, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1900, **22**, 413; diese Zeitschr. **36**, 627; Groth's Chem. Kryst. **3**, 123.

5) Marignac, Annal. de minér. 1859 (5), **15**, 273: Groth's Chem. Kryst. **2**, 134.

13. Triäthylphosphinsulfid[1]) $P(C_2H_5)_3S$. $\overset{6}{39^0\,0'}$

14. Cerium (resp. Lanthan)sulfat[2]) $(SO_4)_3Ce_2$ (resp. La_2). $9H_3O$. $\overset{6}{40^0\,10'}$ resp. $\overset{6}{40^0\,20'}$

Da es dagegen ganz zulässig ist, die Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe vom *Al*-Atom zuzuerkennen, so findet man in der Verbindung:

15. Aluminiumsulfat[3]) $(SO_4)_3Al_2.27H_2O$. $\overset{6}{+41^0\,30'}$

eine neue Bestätigung.

Aus der Formel der Verbindung:

16. Cäsiumenneachlorodithalliat[4]) $Tl_2Cl_9Cs_3$. $\overset{6}{43^0\,38'}$

wäre nur für das *Tl*-Atom auf die Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe zu schließen, aber mit diesem Schlusse ist die Unbeständigkeit der Valenz unvereinbar. Übrigens haben wir die Zugehörigkeit der Krystalle des Azids TlN_3 zu tetragonaler Syngonie und die Zugehörigkeit des Thalliumtrijodids TlJ_3 zu rhombischer Syngonie. Somit ist die Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe für dieses Element ausgeschlossen.

Dasselbe gilt auch für die beiden folgenden Beispiele:

17. Rubidiumenneabromoantimonit[5]) $Sb_2Br_9Rb_3$. $\overset{6}{+52^0\,21'}$

und 18. Isomorphe Gruppe $As_2X_9M_3$ [6])
$M = Rb, Cs, Rb, Cs$
$X = Cl, Cl, Br, Br$ $\overset{6}{+54^0\,21'}$ — $\overset{6}{+54^0\,38'}$

19. Triäthylendiamin-Kobaltchlorid[7]) $CoCl_3.3\,C_2H_4(NH_2)_2.3\,H_2O$. $\overset{6}{+52^0\,21'}$

---

1) Sella, Mem. d. Pr. Accad. d. sc. Torino 1863 (2), **20**, 361; Groth's Chem. Kryst. **3**, 42.

2) Marignac, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. Genève 1873, **46**, 205; Kraus, diese Zeitschr. **34**, 411; Groth's Chem. Kryst. **2**, 462.

3) Rammelsberg, Handb. d. kryst. Chem. 88; Groth's Chem. Kryst. **2**, 466.

4) Pratt, Americ. Journ. of Sc. 1895, **49**, 401; diese Zeitschr. **28**, 315; Groth's Chem. Kryst. **1**, 437.

5) Wheeler, Americ. Journ. of Sc. 1893, **46**, 94; diese Zeitschr. **25**, 104; Groth's Chem. Kryst. **1**, 436.

6) Wheeler, ebenda. Zu dieser Gruppe steht in merkwürdigem Verhältnis die Gruppe $As_2J_9Rb_3$ (resp. Cs_3) mit dem Symbol $70^0\,47'$ resp. $70^0\,49'$; ebenda. Wie aus den Hauptzahlen ersichtlich ist, sind die Einheitslängen aus der Hauptaxe zweimal so groß, wie in voriger Gruppe. Deshalb haben wir eine besondere Verwandtschaft der Complexe.

7) Jaeger, diese Zeitschr. **39**, 551; Groth's Chem. Kryst. **1**, 266.

Aus dieser Formel hätte man auf die Anwesenheit der dreizähligen Symmetrieaxe des *Co*-Atoms schließen können; dem widerspricht aber die Existenz der monoklinen Krystalle von der Zusammensetzung $CoCl_3CNH_3$.

20. Didymdithionat $(S_2O_6)_3(Pr,Nd)_2.12H_2O$[1]. — 6 — 57° 16′

Von Didym war schon oben die Rede.

Endlich haben wir für folgende drei Beispiele nur die Bestätigung der oben besprochenen Verhältnisse.

21. Coquimbit[2] $(SO_4)_3Fe_2.9H_2O$. — 6 — +61° 2′

22. Molysit[3] $FeCl_3$. — 6 — 76° 51′

23. Domeykit[4] Cu_3As. — 6 — 63° 54′

Fürs Erste begnüge ich mich mit diesem Material; aber ich kann nicht umhin, auch Beispiele der Substanzen des Typus ER_3 anzugeben, deren Krystalle der tetragonalen Syngonie angehören. In diesen Fällen ist natürlich von der Zugehörigkeit der dreizähligen Symmetrieaxen zu dem respectiven Element keine Rede.

Hierzu gehören u. a.:

1. Isomorphe Gruppe $RX_6M_3.2H_2O$ $R = In, Tl, Tl, Tl$ $X = Cl, Cl, Cl, Br$ $M = K, K, NH_4, Rb.$	4h 48° 13′	4h — 49° 11′
2. Kaliumenneabromodithalliat $Tl_2Br_9K_3.3H_2O$.		4h 46° 54′
3. Rhabdit PFe_3.		4o 34° 47′
4. Isomorphe Gruppe $MN_3(M = K, Rb, Tl)$.	4o 49° 5′	4o — 49° 38′
5. Magnesiumargentid Mg_3A_9.		4o 54° 20′
6. Kaliumtrichlorotribromoantimonit $SbCl_3Br_3K_3.1\frac{1}{2}H_2O$.		4o 56° 46′
7. Ammoniumiridiumpolysulfid $Ir(S_5)_3(NH_4)_3$.		4d 52° 18′

1) Topsøe, Bihang t. v. Sv. Vet. Akad. Handl. 1874, **2**, Nr. 5; Groth's Chem. Kryst. **2**, 713.

2) Linck in Groth's Chem. Kryst. **2**, 462.

3) Nordenskiöld, Bihang K. Svenska Vet. Akad. 1871, **2**, Nr. 2; Groth's Chem. Kryst. **1**, 226.

4) Stevanovic, diese Zeitschr. **37**, 245 und **40**, 321; Groth's Chem. Kryst. **1**, 61.

8. Kaliumhexachloroiridiat		4d
$IrCl_6K_3 . 3H_2O$.		58° 14′
9. Isomorphe Gruppe RO_4M	4d	4d
$R = W, Mo, Mo, W, Mo, W, Mo, W$	65° 10′ —	66° 28′
$M = Ca, Ca, Sr, Sr, Ba, Ba, Pb, Pb$.		
10. Hexamminkobalt (resp. Iridium) nitrat	4d	4d
Co (resp. Ir) $(NH_3)_6(NO_3)_3$.	76° 56′ —	77° 16′

Als Schlußfolgerungen aus der Besprechung aller angegebenen Tatsachen sind folgende hervorzuheben:

1) Aus den chemischen Formeln, wie dieselben üblich geschrieben werden, ist keineswegs direct auf die Symmetrieverhältnisse der chemischen Molekel zu schließen.

2) Bei der Schätzung der Symmetrieverhältnisse der chemischen Molekel ist nicht nur auf die Anordnung der peripherisch liegenden Radicale, sondern auch auf den inneren Kern Bezug zu nehmen.

3) Die Symmetrieverhältnisse sind keineswegs allein durch die Anordnung der Teile in der chemischen Molekel bedingt; es hat noch die Vereinigung dieser Molekel zur Krystallmolekel statt, und die Symmetrie des Krystalles ist, wenigstens teilweise, durch die daraus entstehenden Wiederholungen der Teile bedingt.

4) Ist der chemischen Molekel eine Symmetrieart eigen, so ist die Krystallstructur der respectiven Verbindung durch ein asymorphes regelmäßiges System vertreten; bis jetzt wurde aber keine beweisende Tatsache aufgefunden, daß solche Systeme wirklich existieren.

5) In bezug auf die Symmetrieverhältnisse der Atome selbst sind die endgültigen Resultate noch zu erwarten; aber für einige davon sind noch keine dem widersprechende Tatsachen aufgefunden, daß solche Symmetrieelemente ihnen eigen sind. Besonders gilt dies für C, dessen Atom als Tetraëder vorgestellt werden kann, und für Al, welchem die dreizählige Symmetrieaxe zukommt. Diese Symmetrieverhältnisse sind aber nicht mit mathematischer Genauigkeit, sondern nur annäherungsweise anzunehmen.

Nachtrag (zur S. 37).

Die Erwartung, daß die chemische Molekel einer Verbindung CR_3M eine dreizählige Symmetrieaxe besitzen wird, ist nur dann streng begründet, wenn M eine solche besitzt. In den Beispielen 1 und 2 ist dies für Br und H gewiß nicht der Fall; wenn diese Verbindungen trotzdem eine solche Axe besitzen, so haben wir auch Beispiele anderer Art. Für Triphenylcarbinoläthylester $(C_6H_5)_3COC_2H_5$ gilt das Symbol $\overset{6;6\cdot}{\underset{-5}{62\cdot;}}$ darin ist aber

noch kein Widerspruch mit dem Tetraëderschema des C zu ersehen; für das Triphenylcarbinol $(C_6H_5)_3COH$ selbst erhalten wir aber $\overset{3h}{58^0 12}$. Merkwürdigerweise ist diese Verbindung mit Aldehyd-Ammoniak $CH_3.CH(OH)NH_2$ fast isomorph (Symbol $\overset{3h}{58^0 10'}$ und sehr nahestehende Formenentwicklung). Endlich Triparabrom- (resp. -chlor-) Triphenylmethan $(C_6H_4Br)_3CH$ ist pseudohexagonal und für dasselbe ist das Symbol $\overset{6}{\underset{-\frac{1}{2}}{43}}$ gültig.

Wenn also in den Details noch vieles unsicher ist, so finden wir doch im ganzen keinen Widerspruch mit der Tetraëdervorstellung des C-Atoms.

IV. Krystallographische Untersuchung von zwei Scandium-Platincyanüren.

Von

P. Tschirwinsky in Nowotscherkassk.

(Mit 4 Textfiguren.)

I. Gelbes Salz $Sc_2[Pt(CN)_4]_3 . 18H_2O$.

Die Verbindung wurde dargestellt von Dr. N. A. Orlow[1]) und besteht makroskopisch aus kleinen, selten die Länge von 1 mm überschreitenden Prismen. In ganz frischem Zustande haben diese Prismen lebhaften Glasglanz und lichtgelbe Farbe; geringe Beimengungen des Cyanürs mit $21 H_2O$ verleihen ihnen eine bräunlichgelbe Körperfarbe mit violettem Oberflächenreflex.

Die Entscheidung, welchem Krystallsystem die Verbindung angehört, ist infolge der mangelhaften Ausbildung nicht ganz sicher, doch wird nach Analogie mit den von Topsøe bestimmten *La*-, *Ce*- und *Di*-Salzen das monokline System als das wahrscheinliche angenommen. Unter dem Mikroskop lassen die Prismen einen annähernd hexagonalen Querschnitt, bedingt von einem Prisma und dem Klinopinakoid, erkennen; meist sind sie nach diesem Pinakoide lineal-, sogar tafelförmig entwickelt, und liegen daher meist auf dieser Fläche auf (Fig. 1 und 2). Als schlecht ausgebildete Endflächen treten auf ein vorherrschendes Hemidoma, das mit der Längsaxe der Krystalle einen ebenen Winkel von fast 62° einschließt; ferner ließ sich noch eine Hemipyramide nachweisen, deren Kante mit der zwischen Hemidoma und Klinopinakoid etwa 39° bildet.

Die Auslöschungsschiefe ist auf dem Klinopinakoid von 0°, also von paralleler Auslöschung, nicht zu unterscheiden. Auf derselben Fläche kann man symmetrisch im Gesichtsfeld in der Längsrichtung liegend, die dunklen Hyperbeln des Axenbildes beobachten.

1) Chemikerzeitung 1912, **36**, Nr. 145, 1407.

Auch Dichroïsmus ist auf den Pinakoidflächen wahrnehmbar: in Licht, parallel der Längsaxe polarisiert, erscheinen die Krystalle dunkel-, in dazu senkrecht polarisiertem Licht hellgelb.

Manchmal sind durch die Pinakoidflächen sehr dünne prismatische Einschlüsse zu bemerken, meist parallel der Längsaxe, selten in einem Winkel dazu eingelagert. Sie zeigen starken Dichroïsmus, orangerot in der Längsrichtung, hellgelb senkrecht dazu; in dieser Stellung werden sie also wegen der Gleichfarbigkeit mit den einschließenden Krystallen unsichtbar, da auch die Umrißlinien infolge des nahezu gleichen Lichtbrechungsverhältnisses verschwinden.

Bei der mikroskopischen Untersuchung frisch aus der Mutterlauge entnommener gelber Krystalle, bedeckten sich die noch feuchten Prismen mit

Fig. 1.

Fig. 2.

zahlreichen flachen Nadeln und Krystallbüscheln von starkem Pleochroïsmus: in der Längsrichtung blutrot, senkrecht dazu farblos bis schwach violett; im reflectierten Licht waren sie grün. Daneben schieden sich auch rote Täfelchen von rhombischem Umriß und diagonaler Auslöschung aus (s. Fig. 4, S. 46). Nach einigen Minuten erfuhren die nadeligen Krystalle eine Umwandlung: die blutrote Farbe ging in tiefes Violett mit grüngelbem Reflex über. Die Doppelbrechung war so hoch, daß auch noch die dünnsten Nadeln beinahe das Weiß höherer Ordnung zeigten. Auslöschung parallel. Die Ebene der optischen Axen gehörte der Prismenzone an. Die Umwandlung wurde von der Bildung zahlreicher Spaltungsrisse begleitet, zumal quer zu den Prismen; die Auslöschung blieb parallel. Nach einiger Zeit erschienen in den violetten Krystallen gelbe Punkte, es vollzog sich also eine zweite Umwandlung, und zwar in das gelbe Salz. Die ursprünglichen, größeren Krystalle dieses

Salzes wurden von den Umwandlungen der sie bedeckenden Nadeln in keiner Weise alteriert. Neben den beschriebenen (labilen) Krystallen hatten sich auch noch sehr dünne Prismen und kleine Täfelchen des gelben Salzes aus der gleichen Lösung abgesetzt.

Mit dem gelben *Sc*-Salze erwies sich ein gleichfalls von Orlow dargestelltes Lanthan-Salz als sehr ähnlich. Die schlecht ausgebildeten Prismen löschten parallel aus, zeigten einen analogen Dichroïsmus und trugen manchmal am Ende eine ca. 61° gegen die Längsaxe geneigte Endfläche. Starke, positive Doppelbrechung.

II. Rotes Salz $Sc_2[Pt(CN)_4]_3 . 21 H_2O$. Fig. 3 und 4.

Zur optischen Untersuchung eignen sich am besten die kleinen Krystalle, welche sich aus der Mutterlauge des gelben Salzes neben diesem ausscheiden. Es sind kleine Rhomben von 83°, zu denken als Combination

Fig. 3.

Fig. 4.

von {001} mit {110}. Die Auslöschung ist diagonal, und im Konoskop ist die charakteristische Interferenzfigur von Schnitten normal zur Bisectrix zu sehen. Der Winkel der optischen Axen ist ziemlich klein, die Ebene derselben halbiert den stumpfen Winkel der Rhomben; $\varrho > v$, positive Doppelbrechung, Verhältnisse, die beim *Y*-, *Gd*- und *Er*-Salz mit $21 H_2O$ wiederkehren. Im convergenten Licht, ohne Nicols, zeigt die Substanz im Mikroskop eine charakteristische Absorptionserscheinung: In einem hellen Centralpunkt kreuzt sich ein roter und ein schwach violetter Büschel; eine ganz ähnliche Erscheinung beobachtete Topsøe auf den Basisplättchen des Yttriumsalzes.

Überhaupt ist dieses rote Salz dem Y-Salz sehr ähnlich; an größeren, aber wegen schlechter Ausbildung zur exacten Bestimmung ungeeigneten Krystallen beobachtet man deutlich die purpurrote Farbe mit grünlichblauem Oberflächenschimmer. Der tafelförmige Habitus ist die Regel; doch kommt gelegentlich auch das rote Salz in Nadeln als Einschluß in dem nadeligen gelben Salze vor. Läßt man einen roten, tafeligen Krystall unter dem Mikroskop liegen, so beobachtet man eine Umwandlung in das gelbe Salz. Die Durchsichtigkeit hat dabei stark abgenommen, manchmal erscheint die Farbe im Übergangsstadium violett. Die Auslöschungsrichtung ändert sich dabei nicht; doch zerfallen die Krystalle dabei in ein Aggregat von rechtwinkligen Parallelepipeden, die parallel den ursprünglichen Flächen gelagert sind.

Das rote Salz wurde schon von W. Crookes[1]) beschrieben als lange monokline Prismen von 81° 20′, carmesinrot im durchgelassenen und metallisch im reflectierten Licht. Das durchgelassene und reflectierte Licht ist entgegengesetzt polarisiert.

III. Yttriumsalz $Y_2[Pt(CN)_4]_3 . 21 H_2O$.

Das Salz wurde von Topsøe[2]) ausführlich beschrieben. Die von Orlow dargestellten Krystalle waren die kurzprismatische Combination von $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$. $(110):(1\bar{1}0) = 83° 30'$, gegen 83° 28′ Topsøe. Außer der auch von Topsøe beobachteten vollkommenen Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ wurde noch eine weniger vollkommene nach einem nicht näher bestimmten Doma (oder Pyramide?) mit einem ebenen Winkel von ca. 120° beobachtet. Die übrigen optischen Beobachtungen stimmen mit denen Topsøe's überein.

1) W. Crookes »on Scandium«, Chemical News 1910, **101**, 49.

2) Topsøe, Beitr. z. kryst. Kenntnis d. Salze d. selt. Erd-Metalle. Bihang t. K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1874, **2**, Nr. 5. Groth, Chem. Kryst. 1906, **1**, 454, 458.

V. Über die Dispersion der Doppelbrechung in den Mischkrystallen von Strontium- und Bleidithionat.

Von

H. Ambronn.

(Mitteilung aus dem Institut für Mikroskopie an der Universität Jena.)

(Hierzu Tafel II und 2 Textfiguren.)

H. de Sénarmont[1]) hat vor etwa 60 Jahren die Mischkrystalle von Strontium- und Bleidithionat untersucht und dabei festgestellt, daß im optischen Verhalten dieser Krystalle alle Übergänge zwischen dem optisch negativen Strontiumsalz und dem positiven Bleisalz zu beobachten sind. Er hat die Reihenfolge der Interferenzfarben und den Wechsel des Vorzeichens der Doppelbrechung nur an den Axenbildern verfolgt. Die reinen Salze zeigen im convergenten Licht die Axenbilder einaxiger Krystalle ohne Störung, wenn man von der schwachen Circularpolarisation, die beiden Salzen zukommt, absieht. Die Mischkrystalle dagegen weisen stets mehr oder weniger starke Veränderungen auf. Es treten besonders in den peripherischen Partien der nach der Basis tafelförmigen sechsseitigen Krystalle zweiaxige Bilder auf, deren Symmetrieverhältnisse sich je nach dem Sector, in dem sie beobachtet werden, verschieden gestalten. Nicht bloß bei der Beobachtung der aufeinander folgenden Farben, sondern mehr noch bei der genaueren Messung der Dispersion der Doppelbrechung verursachen diese Störungen mancherlei Schwierigkeiten. Es war deshalb zu erwarten, daß die Untersuchung von Keilen, deren Kante parallel zur Axe verläuft leichter und sicherer zu befriedigenden Resultaten führen würde. Es ist dabei keineswegs nötig, daß die Keile sorgfältig geschliffen und poliert werden, man erhält schon ganz brauchbare Präparate, wenn man sich die Keile durch Spalten aus gut ausgebildeten tafelförmigen Krystallen herstellt.

1) H. de Sénarmont, Untersuchungen über die optischen doppeltbrechenden Eigenschaften der isomorphen Körper (mitgeteilt aus den Ann. de chim. et de phys. Sér. III, T. XXXIII). Pogg. Ann. 1852, **86**, 35.

Ritzt man mit einem feinen Messerchen die Basisflächen in der Richtung, in der man den Keil herausspalten will, dann erreicht man es bei einiger Übung leicht, daß die Krystalltafel ziemlich regelmäßig an der gewünschten Stelle bricht, etwa wie eine Glasplatte, die mit Diamant geschnitten ist. Allerdings sind die Keilflächen nicht ganz eben, aber das schadet nichts, man erhält fast stets scharfe Kanten; und das ist die Hauptsache, wenn man die Reihenfolge der Interferenzfarben feststellen und die Gangunterschiede für verschiedene Wellenlängen im monochromatischen Licht messen will.

In dieser Weise habe ich in mehreren Versuchsreihen eine große Anzahl solcher Keile hergestellt und daran die im Nachstehenden dargelegten Beobachtungen und Messungen ausgeführt. Die Krystalle selbst wurden in folgender Weise gewonnen: die beiden Componenten wurden zu gleichen Gewichtsteilen gelöst und die Lösungen gut filtriert; die Lösungen blieben dann an einem ruhigen Ort in flachen Krystallisierschalen so lange unberührt stehen, bis sich einige zur Beobachtung brauchbare Krystalle gebildet hatten. Diese wurden herausgenommen; nach nochmaligem Filtrieren wurde die zurückbleibende Lösung etwas verdünnt und von neuem der Krystallisation überlassen. Das erwähnte Verdünnen der übrigbleibenden Lösung ist deshalb nötig, weil sonst aus den gesättigten Laugen rasch eine große Anzahl kleiner Kryställchen anschießt, die zur Beobachtung unbrauchbar sind; wird dagegen die verdünnte Lösung einige Zeit völliger Ruhe überlassen, so bilden sich dann bald wieder größere Tafeln aus, wie sie zur Herstellung der Keile erwünscht sind.

In dieser Weise wurde bei mehreren Versuchsreihen verfahren und die Krystallisation so oft unterbrochen, daß sich 20—30 Übergangsstufen ergaben, die die verschiedensten Mischungsverhältnisse darstellten. Da das Bleisalz viel leichter löslich ist als das Strontiumsalz, so ist in den ersten Stufen die Beimengung von Bleisalz nur gering, und die Doppelbrechung bleibt für alle Farben negativ. In den weiteren Stufen tritt nun nach und nach für die einzelnen Farben, von rot anfangend, Isotropie ein; ist die Isotropie für gelb erreicht, so besteht für rot und orange bereits positive Doppelbrechung, während sie für grün, blau und violett noch negativ ist, aber der Gangunterschied für violett ist jetzt immer noch beträchtlich größer als der für rot. Erst wenn für den Übergang von grün zu blau die Doppelbrechung Null wird, bestehen für die äußeren Farben ungefähr gleiche Gangunterschiede mit entgegengesetztem Vorzeichen. Von dieser Stufe an wird die Doppelbrechung für rot stärker als für violett, und schließlich erreicht auch der Gangunterschied für das äußerste Violett den Wert Null. Alle weiteren Stufen zeigen jetzt für alle Farben positive Doppelbrechung, wobei allerdings zunächst der Gangunterschied für rot den für violett beträchtlich übersteigt. Allmählich wird nun dieser Unter-

schied geringer, und es tritt eine Stufe auf, in der die Gangunterschiede für die äußeren Farben gleich sind. Bei geringer Änderung des Mischungsverhältnisses tritt auch die Gleichheit der Gangunterschiede für andere Farbenpaare ein, während für violett nun schon der Gangunterschied wieder merkbar größer als der für rot geworden ist. In den letzten Stufen erreicht sodann das Verhältnis der Gangunterschiede allmählich den Grenzwert, der dem reinen Bleisalz zukommt.

Daß bei dem eben geschilderten Verlauf die Reihenfolge der Farben einen starken und für die einzelnen Stadien sehr charakteristischen Wechsel erfährt, ist ohne weiteres einleuchtend; es ist aber schwer, die verschiedenen Farbenfolgen mit Worten zu beschreiben. Ich habe deshalb in der beigegebenen Tafel versucht, die wichtigsten Stufen durch Aquarellfarben wiederzugeben, und will nur ganz kurz auf die Eigentümlichkeiten der einzelnen Skalen hinweisen. Die Keile, nach denen diese Farben angelegt wurden, hatten annähernd dieselben Dicken, sodaß sie also untereinander direct vergleichbar sind. Die Verteilung der Farben hängt im wesentlichen von der Dispersion der Doppelbrechung ab. Als solche bezeichnet man gewöhnlich das Verhältnis der Stärken der Doppelbrechung für bestimmte Wellenlängen im Rot und im Blau oder Violett. Bedeutet ν den Wert dieses Verhältnisses und n_1 und n_2 die beiden Hauptbrechungsexponenten, so kann man schreiben:

$$\nu = \frac{(n_2 - n_1)_v}{(n_2 - n_1)_r},$$

wobei die Indices r und v ganz allgemein einen Bezirk im Rot und Violett angeben sollen. Je stärker ν von der Einheit abweicht, desto größer ist der Unterschied der Farbenfolge von der in der Newton'schen Farbenskala. Bei sehr vielen Krystallen ist diese Abweichung so gering, daß sie sich, wenigstens in den ersten Ordnungen, kaum bemerkbar macht. Seit langem aber sind schon einige Ausnahmen bekannt, und als typische Fälle werden in den Handbüchern gewöhnlich Apophyllit, Brucit und Strontiumdithionat angegeben. Die größte Mannigfaltigkeit in der Art der Abweichungen zeigen die Apophyllite von verschiedenen Fundorten, und die Erscheinungen beim Brucit und Strontiumdithionat kommen auch beim Apophyllit vor. Dieses Mineral zeigt überhaupt alle in der Tafel dargestellten Farbenfolgen mit alleiniger Ausnahme der ersten, die die Farben eines Keiles aus reinem Bleidithionat wiedergibt. Der Wert von ν ist in diesem Falle ungefähr 0,95, wenn man die Messung für die Wellenlängen 650 $\mu\mu$ und 435 $\mu\mu$ ausführt. Die letzte Skala hingegen zeigt die Farben des reinen Strontiumdithionats, bei dem ν für dieselben Wellenlängen nahezu den Wert 2 erreicht. Infolge dieses hohen Wertes von ν beginnt schon nach dem dritten Rot das Weiß höherer Ordnung, denn der Gangunterschied für blau ist fast dreimal so

groß als der für rot. Ganz ähnliche Farbenfolgen wurden an Apophylliten von New Almaden beobachtet. Die Skalen 2—10 zeigen nun die charakteristischen Übergangsstufen zwischen 1 und 11. Bei 2 ist der Wert für ν ungefähr 0,8, und der Gangunterschied für blau ist nur etwa 1,2 mal größer als der für rot, infolgedessen beobachtet man in den Keilen eine sehr große Anzahl von Farbenordnungen, und die Farben bleiben noch lebhaft bis zur 20. Ordnung und darüber hinaus. Es ist dies dasselbe Verhalten, wie es der Brucit und außerdem manche Varietäten des Apophyllits zeigen. Die Skala 3 stellt die Farbenfolge dar, wie sie dem Wert 0,65 für ν entspricht, hier sind die Gangunterschiede blau und rot gleich, und auch die für die übrigen Farben weichen nicht wesentlich davon ab. Dies bewirkt, daß blau und rot aus den Farben fast völlig verschwinden und demnach in den ersten Ordnungen nur ganz schmale violette und grünliche Säume auftreten, die etwa dem sog. secundären Spectrum entsprechen, wie es beim Prüfen guter achromatischer Mikroskopobjective an der Abbe'schen Testplatte zu beobachten ist. In den höheren Ordnungen werden diese Farbensäume allmählich breiter und erhalten lebhaftere Töne; man kann an Keilen von diesem Mischungsverhältnis 30 und mehr Farbenordnungen verfolgen, in denen die Farben noch sehr deutlich sichtbar sind. Ganz die gleichen Erscheinungen sind für die Apophyllite von zahlreichen Fundorten schon sehr lange bekannt, und Herschel hat diese Formen als Leucocyclite bezeichnet[1]), weil die ersten Ordnungen eigentlich nur schwarz und weiß zeigen, wenn man von den schmalen und wenig gesättigten violetten und grünlichen Farbensäumen absieht. Steigt nun in den Mischkrystallen der Gehalt an Strontiumsalz noch weiter, so beobachtet man an den Keilen zunächst die Farbenfolgen, wie sie in 4 und 5 wiedergegeben sind. Die Doppelbrechung hat noch für alle Farben das positive Vorzeichen, sie ist aber für rot jetzt stärker als für blau, der Wert für ν wird kleiner und nähert sich allmählich der Null. Skala 4 stellt den Fall dar, in dem ν ungefähr gleich 0,45 ist. Man beobachtet hier noch eine größere Anzahl Farbenordnungen mit sehr lebhaften Farben, aber die Reihenfolge ist gegenüber der normalen umgekehrt, blau liegt vor rot, und dann kommt erst orange usw. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse in Skala 5, die einem ν-Wert von etwa 0,25 entspricht. Hier ist die Doppelbrechung für alle Farben noch beträchtlich schwächer geworden, und die für rot überwiegt stark die für blau. Auch diese Farbenfolgen sind bei zahlreichen Apophylliten seit langem bekannt, sie treten besonders schön an Krystallen aus Andreasberg auf und werden deshalb meist als Andreasberger Ringe bezeichnet. Sie bilden den Übergang zu den

1) Vergl. C. Klein, Mineralogische Mitteilungen XIII, N. Jahrb. f. Min., Geol. usw. 1892, 2, 176.

weiteren Stufen, in denen nacheinander für die einzelnen Spectralgebiete Isotropie eintritt, bis schließlich für alle Farben negative Doppelbrechung erreicht ist. Diejenigen Formen des Apophyllits, die hierher gehören, und die besonders den Fundorten Utö, Skye, Guanajuato und New Almaden entstammen, hat C. Klein als Chromocyclite[1]) zusammengefaßt. Die Skala 6 zeigt die Farben, wie sie an einem Mischkrystall auftreten, in dem für blau Isotropie besteht und der Wert für ν gleich Null geworden ist; der Keil beginnt jetzt mit einem dunklen Orange, dann folgt ein leuchtendes Gelb und danach kommen grünliche und rotviolette Töne. In der nächsten Farbenreihe, 7, ist für blau bereits negative Doppelbrechung vorhanden, und die Isotropie besteht jetzt für ein mittleres Grün, im Gelb und Rot hat die Doppelbrechung noch den positiven Charakter. Der ν-Wert ist also kleiner als Null geworden. Dies gilt auch noch für Skala 8, bei der Isotropie für gelb eingetreten ist; in 7 beginnt der Keil mit einem leuchtenden Rot und in 8 mit violett, und in beiden Fällen ist der Gangunterschied für blau schon wieder größer als für rot. Zwischen 6 und 7 liegt eine Stufe, bei der für die äußeren Farben des Spectrums der gleiche Gangunterschied aber mit entgegengesetztem Vorzeichen vorhanden ist. In Skala 9 ist die Doppelbrechung für rot verschwunden und der Wert für ν ist deshalb ∞. Der Keil beginnt jetzt mit einem lebhaften Blau, dann folgen blaugrün, grün, mattorange und verwaschenes fleischrot. Bei noch weiter steigendem Gehalt an Strontiumsalz werden die Mischkrystalle für alle Farben negativ doppeltbrechend, aber die Gangunterschiede für violett und blau übertreffen die für rot und orange um ein Vielfaches; der Wert für ν geht nun rasch auf den Grenzwert des reinen Strontiumdithionats herab. In Skala 10 sind noch die Farben eines Keils dargestellt, dem ein ν-Wert von etwa 7 zukommt. Der Keil beginnt mit einem lebhaften Blau, dem mattblaugrün, gelb und dann ein ziemlich ungesättigtes Rot folgen, danach werden die weiteren Farben schon sehr verwaschen und gehen bald in das Weiß höherer Ordnung über. Ganz ähnliche Farben, wie sie die beiden letzten Skalen der Tafel wiedergeben, zeigen, wie schon erwähnt wurde, die Apophyllite von New Almaden. Durch die Freundlichkeit des Herrn Geh. Rat Prof. Dr. Liebisch in Berlin war es mir möglich, die außerordentlich reiche Sammlung von Apophyllitpräparaten durchzusehen, die C. Klein zu seinen Untersuchungen verwendet hat. Ich konnte dabei bestätigen, daß die bei den Apophylliten zu beobachtenden Farbenerscheinungen fast genau den in der beigefügten Tafel dargestellten Skalen entsprechen. Herrn Geh. Rat Liebisch spreche ich auch an dieser Stelle für sein liebenswürdiges Entgegenkommen meinen verbindlichsten Dank aus.

1) Vergl. C. Klein, Mineralogische Mitteilungen XIII, N. Jahrb. f. Min., Geol. usw. 1892, 2, 176.

Es ist früher von Steeg[1]) versucht worden, diese eben geschilderten Veränderungen in der Reihenfolge der Interferenzfarben künstlich nachzuahmen, und zwar durch Combination einer zur Axe senkrechten Platte von Bleidithionat mit einem Kalkspatkeil, dessen eine Keilfläche ebenfalls senkrecht zur Axe geschliffen ist. Die Beobachtung der Farben erfolgt dabei im convergenten Lichte. Dieses Steeg'sche Modell sollte dazu dienen, die äußerst mannigfaltigen Farbenringe der verschiedenen Apophyllite zu demonstrieren. Zahlreiche Mineralogen und Physiker hatten sich mit diesen sonderbaren Erscheinungen beschäftigt, ohne eine richtige Erklärung dafür geben zu können, und Biot konnte mit Recht sagen: »aucun corps jusqu' ici connu ne s'est montré plus desespérant pour les cristallographes, ni plus riche en effets optiques pour les physiciens« [2]). In sehr übersichtlicher Weise hat C. Klein diese Bemühungen geschildert und auch diejenige Erklärung gegeben, die zweifellos als die am meisten befriedigende anzusehen ist, daß nämlich die Apophyllite isomorphe Mischungen zweier Componenten sind, von denen die eine positive und die andere negative Doppelbrechung besitzt. Allerdings sind diese Componenten im reinen Zustande auch jetzt noch nicht bekannt. Jedenfalls werden aber die Apophyllite, bei denen die sog. Brucitringe auftreten, der positiven, und die Krystalle von New Almaden der negativen Componente am nächsten stehen. Genauere chemische Analysen dieser beiden Grenzstadien dürften auch erkennen lassen, worauf der Unterschied in der chemischen Zusammensetzung beruht. Bei den Mischkrystallen der beiden Dithionate kennt man die Componenten und ihre optischen Eigenschaften und kann nun unter bestimmten Annahmen den Verlauf der Erscheinungen auch durch die Rechnung verfolgen. Das Steeg'sche Modell dagegen ist keineswegs direct mit den Mischkrystallen zu vergleichen, wenn es auch zur Demonstration mancher Zwischenstufen gut geeignet ist; denn bei den Mischkrystallen handelt es sich um eine innige molekulare Durchdringung, während bei jenem Modell eine Combination zweier Krystallplatten von beträchtlicher Dicke vorliegt und das Zusammenwirken der beiden Anisotropien von entgegengesetztem Charakter offenbar in ganz anderer Weise vor sich gehen muß, wie in einem einheitlichen Krystall, der sich aus Bausteinen beider Componenten von molekularen Dimensionen zusammensetzt.

Ich habe bereits früher gezeigt[3]), wie man auf Grund der Mallardschen Mischungsregel für die Hauptbrechungsexponenten zu sehr einfachen

1) Müller-Pouillet, Lehrbuch d. Physik 1868, 7. Aufl., **1**, 872; 1897, 9. Aufl., **2**, 1092.

2) Citiert nach C. Klein a. a. O. S. 179.

3) H. Ambronn, Über anomale Doppelbrechung beim Celluloid. Ber. d. königl. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl., 1911, **63**, 249—257 u. 402—406. Vergl. auch: Colloidzeitschr. 1911, **9**, 147—153.

Resultaten über die Dispersion der Doppelbrechung von Mischungen gelangen kann. Bezeichnet n den Brechungsexponenten der Mischung, n' und n'' die Brechungsexponenten der beiden Componenten und $a:b$ deren Mischungsverhältnis, so gilt nach jener Mischungsregel:

$$n = \frac{an' + bn''}{a + b}.$$

Nennt man ferner die Hauptbrechungsexponenten der einen Componente n_1' und n_2', die der anderen n_1'' und n_2'', die der Mischung n_1 und n_2, und setzt man $n_2' - n_1' = \varepsilon'$; $n_2'' - n_1'' = \varepsilon''$; $n_2 - n_1 = \varepsilon$, so ergibt sich nach einfacher Rechnung:

$$\varepsilon = \frac{a\varepsilon' + b\varepsilon''}{a + b},$$

und ferner, wenn v und r die Spectralbezirke violett und rot bezeichnen:

$$\frac{\varepsilon_v}{\varepsilon_r} = \frac{a\varepsilon_v' + b\varepsilon_v''}{a\varepsilon_r' + b\varepsilon_r''}.$$

Führt man noch folgende Abkürzungen ein:

$$\frac{\varepsilon_v}{\varepsilon_r} = \nu; \quad \frac{\varepsilon_v'}{\varepsilon_r'} = \nu'; \quad \frac{\varepsilon_v''}{\varepsilon_r''} = \nu''; \quad \frac{a\varepsilon_r'}{b\varepsilon_r''} = K,$$

so ergibt sich schließlich für die Dispersion der Doppelbrechung:

$$\nu = \frac{\nu'' + K\nu'}{1 + K} \quad \text{oder} \quad \frac{\nu - \nu''}{\nu' - \nu} = K.$$

Je nachdem nun das Vorzeichen der Doppelbrechung in den beiden Componenten gleich oder entgegengesetzt ist, also $\frac{\varepsilon'}{\varepsilon''}$ positiv oder negativ, wird auch der Wert für K positiv oder negativ sein.

Da die Brechungsexponenten des reinen Strontium- und Bleidithionats sehr genau bekannt sind, so läßt sich auf Grund der gemachten Annahmen leicht der Verlauf der Werte für ν berechnen, wobei es zunächst ganz unerörtert bleiben kann, ob das Verhältnis $a:b$ Volum-, Gewichts- oder Molekularprocente oder auch irgend ein anderes Mischungsverhältnis angibt. Die Bestimmungen der Brechungsexponenten sind von H. Rose[1]) vor einigen Jahren ausgeführt worden, und auf Grund dieser Zahlen kann man am besten durch graphische Darstellungen ein Bild von dem Verlauf der für jedes Mischungsverhältnis sich ergebenden Werte erhalten. Wäre die Annahme jener einfachen Mischungsregel zulässig, was ja allerdings keineswegs er-

1) H. Rose, Über Dispersion und Rotationsdispersion einiger natürlich activer Krystalle. Göttinger Diss. 1909. N. Jahrb. f. Min. usw. 1910, Beil.-Bd. **29**, 68—71.

wiesen ist, so lägen sowohl für die Brechungsexponenten wie auch für die Gangunterschiede rein lineare Beziehungen vor, die man in einem Schema rasch überblicken kann. Ich habe in den beiden Figuren 1 und 2 einmal den Gang der Brechungsexponenten und zweitens den Verlauf der Gangunterschiede für die Wellenlängen 672 $\mu\mu$, 546 $\mu\mu$, 404 $\mu\mu$ nach den Rose'schen Messungen eingezeichnet. Wenn auch wohl mit Sicherheit anzunehmen ist, daß die Mischungsregel in jener einfachen Form die tatsächlich bestehenden Verhältnisse nicht genau wiedergibt (vergl. unten S. 57), so kann

Fig. 1.

Verlauf der Brechungsexponenten in den Mischkrystallen von Blei- und Strontiumdithionat.

Fig. 2.

Verlauf der Gangunterschiede in den Mischkrystallen von Blei- und Strontiumdithionat.

man sich doch aus dem Verlauf der Linien ein Bild davon machen, wie allmählich das Verhältnis der Gangunterschiede sich ändert, wie nacheinander für die verschiedenen Farben Isotropie eintritt u. a. m. Beide Figuren sind so gezeichnet, daß die Mischungsverhältnisse als Abscissen eingetragen sind; in Fig. 1 geben die Ordinaten die beiden Hauptbrechungsexponenten für die drei verschiedenen Wellenlängen an, und zwar sind auf der linken Seite die des Bleisalzes und auf der rechten Seite die des Strontiumsalzes eingetragen. Die verbindenden Geraden zeigen den Verlauf für die verschiedenen Mischungsverhältnisse. In Fig. 2 sind für gleiche Dicke des Krystalles die Gangunterschiede für dieselben Wellenlängen dargestellt; man sieht hier sehr deutlich, wie die Linien für die einzelnen Wellenlängen nacheinander durch die Abscissenaxe hindurchgehen, also der Gangunterschied gleich Null wird, ferner wie an verschiedenen Stellen für je ein Paar von Wellenlängen der Gangunterschied gleich groß wird, und zwar einmal bei gleichem und das andere Mal bei entgegengesetztem Vor-

zeichen. Die Ordinaten in Fig. 2 wurden so gewählt, daß der kleinste Gangunterschied für die Wellenlänge 672 $\mu\mu$ als Einheit diente; in der untenstehenden Tabelle sind die auf diese Weise gewonnenen Zahlen für die beiden Salze eingetragen, wobei immer zu beachten ist, daß für das Strontiumsalz negative und für das Bleisalz positive Doppelbrechung besteht.

λ $\mu\mu$	δ'	δ''
404	10,7	4,0
546	8,3	1,7
672	7,0	1

Unter δ' stehen die Gangunterschiede für das Bleisalz und unter δ'' die für das Strontiumsalz. Man erkennt aus den Zahlen sofort, wie groß der Unterschied zwischen den beiden Salzen ist. Während für die Wellenlänge 404 $\mu\mu$ δ' etwa 2,5 mal größer ist als δ'' besteht für die Wellenlänge 672 $\mu\mu$ das Verhältnis 7 : 1.

Die im vorstehenden beschriebenen Farbenfolgen lassen sich, wie schon erwähnt wurde, an den Keilen viel besser studieren, als an den Axenbildern, selbst wenn die Krystalle, wie dies ja bei Mischkrystallen die Regel ist, recht inhomogen sind und deutliche Schichtenbildung zeigen. Im convergenten Licht treten diese Inhomogenitäten sehr störend auf, während bei der Untersuchung der Keile im sog. parallelen Licht die Reihenfolge der Farben scharf zu beobachten ist. Allerdings erkennt man besonders in den Gruppen, in denen für eine Farbe nahezu Isotropie besteht, ganz deutlich, daß die Krystallplatten fast stets aus verschiedenen Schichten aufgebaut sind. Während des Wachstums der Krystalle ändert sich offenbar das Mischungsverhältnis nicht unbeträchtlich, und man findet z. B. Keile aus dickeren Krystallen, in denen an der einen Basisfläche, mit der sie dem Boden der Krystallisierschale aufgesessen haben, Isotropie für rot besteht, während an der anderen Seite der Gangunterschied für grün bereits Null ist, sodaß also die Farbenskalen 7—9 in demselben Präparat nebeneinander auftreten.

Da das Strontiumsalz, wie schon erwähnt, viel schwerer löslich ist als das Bleisalz, so war von vornherein zu erwarten, daß die größeren Krystalle, an denen man die Messungen der ν-Werte bequem ausführen kann, in verschiedenen Schichten auch eine Verschiedenheit des Mischungsverhältnisses zeigen würden. Jedenfalls liegt in diesem Verhalten auch der hauptsächlichste Grund dafür, daß in den Axenbildern so starke Störungen auftreten und die Aufeinanderfolge der Farben weniger gut zu übersehen ist. Noch viel größere Verschiedenheiten im Verhalten aufeinanderfolgender Schichten zeigen, wie seit langem bekannt und von C. Klein genauer untersucht worden ist, zahlreiche Apophyllite, besonders solche von Utö und Storr auf Skye. Hier folgen Schichten aufeinander,

die der Reihe nach in demselben Krystall das Verhalten des Brucits, des Leukocyclits, der Andreasberger Vorkommen und des Chromocyclits mit allen Übergängen zeigen.

Es wäre ja nun von großem Interesse, die verschiedenen Werte für ν, wie man sie unter der Annahme einer bestimmten Mischungsregel berechnen kann, mit der genauen chemischen Analyse zu vergleichen; man könnte dann den wirklichen Verlauf der für die Mischungsverhältnisse in Betracht kommenden Curven experimentell feststellen und wohl auch entscheiden, welche Mischungsregel dem optischen Verhalten am besten entspräche. Eine solche Untersuchung, ganz systematisch durchgeführt, würde ohne Zweifel wichtige Schlüsse über die Art des molekularen Aufbaues nicht bloß der Mischkrystalle, sondern auch der reinen Salze zulassen; denn nach O. Wiener[1]) hängt die Form der Mischungsregel von der Form und der Anordnung der Moleküle oder Molekularcomplexe ab, die gewissermaßen als die Bausteine des Systems zu betrachten sind. Es ist mir leider nicht möglich, eine derartige Untersuchung durchzuführen; vielleicht wird aber durch diese kurze Mitteilung die Anregung dazu gegeben, daß die Frage von anderer Seite in Angriff genommen werde. Allerdings müßten für eine solche Untersuchung die Mischkrystalle möglichst homogen sein; dies ist aber nur zu erwarten, wenn große Mengen von Lösungen verwendet und vielleicht auch bestimmte Vorsichtsmaßregeln bei der Auswahl der zu analysierenden Krystalle beobachtet werden.

Zum Schlusse möchte ich noch darauf hinweisen, daß ich bei meinen Untersuchungen zur Messung der Gangunterschiede die neue Quecksilberbogenlampe mit Lichtfiltern nach A. Köhler (Hageh-Lampe)[2]) benutzte, wie sie von C. Zeiss in Jena geliefert wird. Die Filter gestatten, monochromatisches Licht der Wellenlängen 435 $\mu\mu$ und 579 $\mu\mu$ von genügender Intensität zu verwenden, sodaß man die Zahl der schwarzen Streifen sehr rasch genau feststellen kann. Außerdem benutzte ich noch eine gute Rot-Glasplatte, die ein schmales Band in der Nähe von der C-Linie durchließ. Da solche Platten ziemlich dunkel gefärbt sind, so ist es zu empfehlen als Lichtquelle eine Nernst-Lampe nach Siedentopf zu verwenden, wie sie gleichfalls von der Zeiss'schen Werkstätte in sehr bequemer Ausrüstung geliefert wird.

Jena, 3. Oktober 1912.

---

1) O. Wiener, Zur Theorie der Refractionsconstanten. Ber. d. königl. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl., 1910, **62**, 255—277 und: Die Theorie des Mischkörpers für das Feld der stationären Strömung. Abh. d. königl. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl., 1912, **32**, 509—604.

2) A. Köhler, Über die Verwendung des Quecksilberlichtes für mikroskopische Arbeiten. Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. 1910, **27**, 329—335.

VI. Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen und die Raumgitter der Krystalle.

Von

W. Friedrich in München.

(Mit 2 Textfiguren.)

Die bisher bekannten Tatsachen über die Röntgenstrahlen lassen sich teilweise gut erklären durch die von Wiechert und Stokes aufgestellte elektromagnetische Impulstheorie. Die Entdeckung der homogenen Secundärstrahlung, d. h. einer specifischen Eigenstrahlung verschiedener Körper, hauptsächlich der Schwermetalle, läßt indessen vermuten, daß neben der Impulsstrahlung eine Strahlung periodischen Charakters auftritt. Der einheitliche Absorptionscoëfficient dieser Strahlung und die Gültigkeit der aus der Optik bekannten Stokes'schen Regel hat dieser Strahlung den Namen »Fluorescenz-Röntgenstrahlung« gegeben, und man hat bereits von Spectrallinien dieser Fluorescenzstrahlung gesprochen.

Ein wirklicher Beweis, daß Röntgenstrahlen periodischen Charakter besitzen und monochromatische Bestandteile enthalten, würde der sein, Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen nachzuweisen.

Die Beugungsversuche von Haga und Wind und später von Walter und Pohl haben zu keinem entscheidenden Resultate geführt. Aus ihren Versuchen kann nur auf eine obere Grenze der Wellenlänge der Röntgenstrahlen von ca. $5 \cdot 10^{-9}$ cm geschlossen werden. Für Interferenzerscheinungen an irgend welchen gitterartigen Gebilden darf zur deutlichen Trennung der einzelnen Intensitätsmaxima die Gitterconstante nicht erheblich größer sein als die Wellenlänge. Nach den Beugungsversuchen müßte also für Röntgenstrahlen ein Gitter mit der Gitterconstante von ungefähr 10^{-8} cm verwandt werden.

Daß sich ein solches Gitter nicht herstellen läßt, liegt auf der Hand.

Im Beginn dieses Jahres sprach nun M. Laue dem Verf. gegenüber die Vermutung aus, daß vielleicht die regelmäßige Anordnung der Moleküle in einem Krystalle nach Raumgittern, wie sie schon 1850 von Bravais angenommen wurde, Anlaß geben könnte zu Interferenzerscheinungen, wenn man durch einen Krystall Röntgenstrahlen hindurchschickte. Auf diese Vermutung hin haben nun der Verf. in Gemeinschaft mit P. Knipping derartige Versuche angestellt mit positivem Resultat, über die jüngst berichtet wurde[1]).

Im folgenden sei die Versuchsanordnung kurz skizziert. Von den von der Antikathode einer kräftigen Röntgenröhre ausgehenden Röntgenstrahlen wird ein schmales Bündel von ca. 1 mm Durchmesser durch eine Reihe von Bleiblenden ausgeblendet. Dieses Bündel durchsetzt den Krystall, der zur Orientierung in bezug auf die Richtung des Strahlenbündels an einem Goniometer befestigt ist.

Hinter dem Krystall ist im Abstande von 35 mm eine photographische Platte angebracht, auf der sich die von dem Krystall ausgehenden Strahlen registrieren sollen. Gegen nicht gewollte Strahlen war die Anordnung durch einen großen Bleischirm, sowie durch einen Bleikasten in genügender Weise geschützt.

Auf diese Weise wurden nun eine Reihe zunächst ganz beliebig orientierter Krystalle untersucht. Nach langer Bestrahlung (bis zu 20 Stunden) zeigten sich auf der hinter dem Krystall aufgestellten Platte neben dem Durchstoßungspunkt des aus den Blendenöffnungen austretenden Strahlenbündels des Primärstrahles eine Reihe von anscheinend geordneten Flecken. Die Erscheinung trat bei allen bisher untersuchten Krystallen auf.

Controllversuche ergaben bald, daß die Ursache dieser Flecken tatsächlich die Krystallstructur des durchstrahlten Körpers war. Nach diesen Vorversuchen wurde nun ein Versuch mit einem gut orientierten Krystall des regulären Systems gemacht, weil bei diesem System die Erscheinung am wenigsten compliciert zu werden schien, und zwar schien die Zinkblende aus verschiedenen, hier nicht weiter zu besprechenden Gründen der geeignetste Körper zu sein. Aus einem guten Krystall wurde durch Steeg und Reuter eine Platte von 1 cm im Quadrat und 0,5 mm Dicke parallel einer Würfelfläche (100) geschliffen.

Die Röntgenstrahlen durchsetzten den Krystall senkrecht zur Würfelfläche.

Nach genügender Exposition wurde das in Fig. 1 auf S. 64a wiedergegebene Bild erhalten.

Der schwarze centrale Teil ist der durch photographische Irradiation sowie durch Secundärstrahlen, die aus dem Inneren der Blendenöffnungen kommen, stark verbreiterte Durchstoßpunkt der Primärstrahlen. Die

---

1) Sitzungsber. d. Akad. München 1912, 5, 303—322.

secundären Flecken umgeben diesen völlig symmetrisch und zwar ist offenbar völlige Vierzähligkeit vorhanden. Man kann in der Figur zwei Paare zueinander senkrecht stehende Symmetrieebenen einzeichnen. Nimmt man irgend einen der Flecken aus der Figur heraus und liegt dieser nicht auf einer Symmetrieebene, so kann man ihn durch Spiegelung und Drehung um 90° mit noch sieben zugehörigen Punkten zur Deckung bringen. Fällt ein Fleck mit einer Symmetrieebene zusammen, so kann man diesen naturgemäß nur mit noch drei entsprechenden zur Deckung bringen.

An Hand dieser Figur hat nun M. Laue eine Theorie der Interferenzerscheinungen angegeben, die auftreten, wenn eine Strahlung durch ein Raumgitter fällt unter der Annahme, daß die das Raumgitter bildenden Atome oder Moleküle zu (freien oder erzwungenen) Schwingungen angeregt werden, und hat diese Theorie mit dem Verf. und P. Knipping in der oben erwähnten Arbeit veröffentlicht.

Die Constanten dieser Gitter lassen sich aus dem Molekulargewicht der krystallisierten Verbindung, ihrer Dichte und der Zahl der Moleküle pro Grammolekül, sowie den krystallographischen Daten leicht berechnen.

Wir wollen hier nicht den allgemeinen Fall eines triklinen Raumgitters behandeln, vielmehr für diesen auf die Originalabhandlung hinweisen, sondern nur ein allgemeines Bild des Gedankenganges bei dem einfachsten regulären Raumgitter geben, bei dem die Atome oder Moleküle in den Ecken der Elementarwürfel liegen, und das in der Richtung einer der Würfelkanten durchstrahlt werden soll.

Haben wir eine Reihe von mitschwingungsfähigen Atomen, die auf einer Geraden liegen, in dem gleichen Abstande a, und lassen wir die Strahlen senkrecht darauf fallen, so haben wir den Fall des einfachen optischen Gitters. Intensitätsmaxima treten dort auf, wo der Richtungscosinus

$$\alpha = h_1 \frac{\lambda}{a} \tag{1}$$

ist. λ ist die Wellenlänge und h_1 die Reihe der ganzen Zahlen 1 2 3 usw.

Denken wir uns eine Reihe solcher Gitter parallel in dem Abstande a nebeneinandergestellt, und zwar so, daß die Atome in den Ecken von Quadraten liegen, so ist offenbar zum Zustandekommen eines Intensitätsmaximums außer obiger Bedingungsgleichung noch eine weitere analoge erforderlich:

$$\beta = h_2 \frac{\lambda}{a}. \tag{2}$$

Die beiden Gleichungen (1) und (2) stellen eine Schar von Kreiskegeln dar. Auf einer zum auffallenden Strahl senkrecht stehenden photographischen Platte sind die Curven $\alpha =$ const. und $\beta =$ const. Hyperbeln, deren Mittelpunkt im Durchstoßungspunkt des primären Strahles liegt, und deren

Axen aufeinander senkrecht stehen. Wir haben jetzt die Erscheinung des bekannten Kreuzgitters. — Die Intensitätsmaxima liegen an jedem Schnittpunkte zweier Hyperbeln.

Betrachten wir nun, um zum Raumgitter zu kommen, schließlich die dritte Dimension, indem wir viele solcher Kreuzgitter in dem Abstande a parallel hintereinander stellen, so ist zum Zustandekommen eines Intensitätsmaximums noch eine dritte Gleichung nötig, die wir aber

$$1 - \gamma = h_3 \cdot \frac{\lambda}{a} \tag{3}$$

schreiben müssen, weil ja die Kreuzgitter in der Richtung des einfallenden Strahles um endliche Phasendifferenzen hintereinander liegen. Die Kreise $\gamma =$ const., deren Mittelpunkt ebenfalls im Durchstoßpunkt des primären Strahles liegt, wählen aus den Kreuzgitterspectren diejenigen aus, welche einem von ihnen hinreichend nahe liegen. Man wird demnach auf der photographischen Platte diese Kreise nicht ganz, sondern nur in einzelnen Punkten vertreten sehen. In der Tat macht die Fig. 1 völlig diesen Eindruck.

Zu jedem der Interferenzpunkte gehören also drei ganze Zahlen h_1, h_2, h_3, seine Ordnungszahlen, die seine Lage auf der photographischen Platte, wenn man deren Abstand vom Krystall kennt, völlig bestimmen. Umgekehrt kann man leicht aus den Daten der Platte und ihrem Abstand vom Krystall die Ordnungszahlen eines Interferenzpunktes finden. Ist h_1, h_2, h_3 bekannt, so bestimmt sich das Verhältnis $\frac{\lambda}{a}$ wegen der Gleichungen (1)—(3) und der Identität

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1$$

zu

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{2h_3}{h_1{}^2 + h_2{}^2 + h_3{}^2}.$$

Laue hat auch versucht, die in Fig. 1 reproducierte Figur quantitativ zu berechnen, und hat gefunden, daß man sie unter der Annahme fünf verschiedener Wellenlängen der X-Strahlen erklären kann.

Die Wellenlängen ergeben sich von der Größenordnung 10^{-9} cm, und dies Resultat steht mit den auf verschiedene Weise theoretisch gefundenen Werten in bestem Einklang.

Neben dem Beweise für die Interferenzfähigkeit der Röntgenstrahlen geben die Versuche viele für die Krystallographie wichtige Aufschlüsse über den Bau der Krystalle. Obwohl die Zinkblende einer hemiëdrischen Klasse des regulären Systems angehört, die keine vierzähligen Symmetrieaxen besitzt, haben wir in Fig. 1 völlig ausgeprägte Vierzähligkeit. Diese Tatsache ist wohl ein stricter Beweis für die Raumgittertheorie der Krystalle und zeigt, daß keine andere Eigenschaft als allein das Raumgitter hier in Betracht

kommt. Denn die Raumgitter haben stets holoëdrische Symmetrie; Combinationen von Raumgittern verschiedener Stellung gegeneinander, wie sie zur Erklärung der Hemiëdrien angenommen werden müssen, sind nach den Versuchen und nach unserer Theorie ohne Einfluß.

Die Anforderung der Symmetrie fand auch weiterhin ausnahmslos Bestätigung. So zeigt z. B. Fig. 2, S. 64a die Dreizähligkeit. Die Primärstrahlen fielen senkrecht auf eine Oktaëderfläche (111). Auch die Zweizähligkeit ließ sich erreichen, wenn die Krystallplatte senkrecht zu einer Rhombendodekaëderfläche (110) bestrahlt wurde.

Bei der Berechnung der Wellenlänge wurde ein einfaches kubisches Raumgitter verwertet. Daß die Zinkblende diesen Fall realisiert, ist von vornherein nicht anzunehmen, vielmehr spricht die Spaltbarkeit dafür, daß man es mit einem complicierteren, dem rhombendodekaëdrischen Raumgitter zu tun hat. Die Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen geben vielleicht ein Mittel, das specielle Raumgitter zu ermitteln. Die quantitative Auswertung der Fig. 1 erforderte, wie erwähnt, fünf verschiedene Wellenlängen.

Versuche, wie die Messung des Absorptionscoëfficienten der Strahlen, die die auf den verschiedenen Ringen liegenden Flecken bilden, sowie die Tatsache, daß sich die berechneten Wellenlängen wie kleine ganzzahlige Vielfache einer Grundwellenlänge verhalten, machen es wahrscheinlich, daß in dem Krystall nur eine Wellenlänge, nämlich diese Grundwellenlänge, interferiert. Unter Annahme dieses einen λ würden indessen theoretisch viel mehr Interferenzpunkte zu erwarten sein, als in Wirklichkeit auf der Platte vorhanden sind. Die Annahme eines complicierteren regulären Raumgitters würde in dem Sinne wirken, daß der Charakter der Interferenzfigur erhalten bliebe; nur würde die Anzahl der Flecken kleiner werden. Der Fall eines centrierten kubischen Raumgitters reicht, soweit zu überblicken ist, noch nicht aus; die Zahl der theoretisch zu erwartenden Flecken ist noch zu groß im Vergleich zu den vorhandenen. Vielleicht gelingt es jedoch auf diesem Wege durch geschickte Auswahl der möglichen Raumgitter dasjenige zu finden, für das das theoretisch berechnete Interferenzbild identisch wird mit dem durch das Experiment erhaltenen, und dies wäre dann das tatsächlich im Krystall vorhandene Raumgitter.

Nachschrift der Redaction.

Durch den vorstehenden Aufsatz sind die Leser der Zeitschrift über die für die Krystallographie so bedeutsame Entdeckung des Krystallgittereffectes unterrichtet, mit welcher sich die folgende Arbeit von Wulff beschäftigt. Über diese Entdeckung hat bereits vor kurzem A. E. G. Tutton in der »Nature« vom 14. Novbr. 1912 (**90**, 306) berichtet und darauf hingewiesen, daß durch Laue's Theorie und die Versuche von Friedrich und Knipping an der Zinkblende der vollständige Beweis geliefert sei für die wesentliche Bedeutung des einer jeden (noch so complicierten) Krystallstructur zugrunde liegenden Raumgitters (welches im allgemeinen eine höhere Symmetrie besitzt, als ein aus demselben abgeleitetes regelmäßiges Punktsystem), d. h. der Anordnung aller gleichartigen und gleichgestellten Atome des Krystallbaues (s. P. Groth, Einleitung in die chemische Krystallographie, Leipzig 1904, S. 8). Wie Tutton l. c. S. 309 anführt, hat Sir Oliver Lodge in seiner vor der englischen chemischen Gesellschaft am 17. Oktober gehaltenen »Becquerel Memorial Lecture« (Journ. Chem. Soc. Lond. 1912, **101**, 2028) jener Entdeckung folgende Worte gewidmet: »This will have to be recognised as a striking and admirable case of scientific prediction, the various cristalline structures and accuracy of characteristic facets having been indicated by theory long before there was any hope of actually seeing them; so that once more the theoretical abstraction will have become concrete and visible«. Die von dem englischen Physiker, welcher offenbar die Originalpublicationen Laue's und seiner Mitarbeiter nicht kannte, a. a. O. gegebene Darstellung muß jedoch in einigen Punkten berichtigt werden: die Entdeckung stammt nicht von Fedorow und ist nicht in den Laboratorien von Röntgen und Groth bestätigt worden, sondern die gesamte Untersuchung ist in dem Institut für theoretische Physik an der Universität München unter der Leitung von Prof. Sommerfeld ausgeführt worden; auch kann man dieselbe nicht eigentlich als eine Bestätigung der Theorie von Barlow und Pope bezeichnen, sondern nur sagen, sie stehe in Übereinstimmung mit denjenigen Theorien der Krystallstructur, welche direct an die von Bravais anknüpften und diese weiterführten.

Eingehender, als die erwähnte, ist die Besprechung des Krystallgittereffects durch O. Lehmann in einem Vortrage im naturwissenschaft-

lichen Verein zu Karlsruhe am 8. November (Sep.-Abdruck a. d. 25. Bd. der Verhandl. d. nat. Ver.).

Es ist zu hoffen, daß die weitere Erforschung der Krystallstructur mit dem neugewonnenen Hilfsmittel auch darüber entscheiden werde, ob die Ansicht des Verfs. dieser Zeilen, welche auch der Theorie von Barlow und Pope zugrunde liegt, richtig ist oder nicht, daß nämlich die Structur eines Krystalles einer regelmäßigen, periodischen Anordnung der Atome entspricht, für welche der Begriff des »Moleküls« keine Bedeutung mehr hat, da ein solches daraus in verschiedener Weise herausgeschnitten gedacht werden kann.

P. Groth.

VII. Über die krystallographische Bedeutung der Richtungen der durch eine Krystallplatte gebeugten Röntgenstrahlen.

Von

G. Wulff in Moskau.

(Vorgelegt in der Sitzung der Moskauer physikalischen Lebedew-Gesellschaft, den 24. November 1912.)

Die Resultate der von M. Laue vorgeschlagenen Theorie der Erscheinungen, die beim Durchgange der Röntgenstrahlen durch eine Krystallplatte sich beobachten lassen, stimmen mit den von M. Friedrich und P. Knipping nach dem Vorschlage von M. Laue gemachten photographischen Aufnahmen dieser Erscheinungen ganz überein[1]).

Die von den Krystallographen schon längst als höchstwahrscheinlich anerkannte Hypothese von der gitterförmigen Structur der Krystalle wurde jetzt als Grundlage der Theorie der Erscheinungen genommen, die für die Wellennatur der Röntgenstrahlen entscheidend sein sollen, und hat zu Resultaten geführt, die durch das Experiment direct geprüft werden können. Die hohe Wichtigkeit dieser Tatsache für unsere Kenntnis der Krystallstructur wird daraus ohne weiteres verständlich.

Da die interferierenden Strahlen im Inneren der Krystallplatte entstehen und eine sehr große Zahl Schichten der Moleküle des Raumgitters durchsetzen müssen, ehe sie die Platte verlassen, so stellt sich für einen Krystallographen von selbst die Frage über die krystallographische Bedeutung der Richtungen der gebeugten Strahlen, — die Frage, welche Bedeutung diese Richtungen in dem Raumgitter haben können. . .

Wenn wir auf den von M. Laue berechneten Fall der parallel einer Würfelfläche geschliffenen Platte von Zinkblende uns beschränken, die durch ein enges cylindrisches Büschel von Röntgenstrahlen senkrecht

1) Siehe die vorhergehende Abhandlung von Friedrich.

getroffen wird, so sind nach der Theorie von M. Laue die Richtungen der gebeugten, ebenfalls cylindrischen Strahlenbüschel durch die Formeln gegeben:

$$\alpha = \frac{2 h_1 h_3}{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2}, \quad \beta = \frac{2 h_2 h_3}{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2}, \quad \gamma = \frac{h_1^2 + h_2^2 - h_3^2}{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2},$$

wo α, β, γ die Richtungscosinus des gebeugten Büschels und h_1, h_2, h_3 ganze Zahlen sind, die die Ordnung des Beugungsspectrums bestimmen. Als Coordinatenaxen werden dabei die Richtungen der Würfelkanten der Platte gewählt, wobei eine dieser Kanten senkrecht zur Platte steht.

Wenn wir die Richtung eines solchen Strahlenbüschels krystallographisch auf dieselben Coordinatenaxen beziehen wollen, so müssen wir auf sie die für das kubische Krystallsystem geltenden Formeln anwenden:

$$x : y : z = \eta_1 : \eta_2 : \eta_3.$$

$$\alpha = \frac{\eta_1}{\sqrt{\eta_1^2 + \eta_2^2 + \eta_3^2}}, \quad \beta = \frac{\eta_2}{\sqrt{\eta_1^2 + \eta_2^2 + \eta_3^2}}, \quad \gamma = \frac{\eta_3}{\sqrt{\eta_1^2 + \eta_2^2 + \eta_3^2}}.$$

Hier bedeuten x, y und z die Coordinaten der gegebenen Richtung, die sich wie drei ganze Zahlen η_1, η_2 und η_3 verhalten müssen, falls die Richtung eine der krystallographisch möglichen sein soll.

Die Richtungscosinus einer solchen krystallographisch möglichen Richtung sind also im allgemeinen irrational, rational muß nur das Verhältnis derselben sein.

Da das Verhältnis der Richtungscosinus der gebeugten Strahlen

$$\alpha : \beta : \gamma = 2 h_1 h_3 : 2 h_2 h_3 : (h_1^2 + h_2^2 - h_3^2)$$

rational ist, so müssen also die Richtungen dieser Strahlen mit krystallographisch möglichen Richtungen in der Krystallplatte der Zinkblende zusammenfallen.

Es sind also die Maxima auf den Photogrammen von W. Friedrich und P. Knipping die Spuren krystallographisch möglicher Richtungen der Krystallplatte auf der Würfelfläche. Sie stellen im ganzen die sogenannte gnomonische Projection des Krystalles dar. Es müssen aber auf einer solchen Projection die Punkte auf Geraden liegen, welche die Spuren krystallographisch möglicher Ebenen darstellen. Daß es wirklich so ist, kann man aus den Photogrammen von W. Friedrich und P. Knipping (siehe Fig. 1, S. 64a der vor. Abhandl.) direct ersehen. Die durch die schärfsten Maxima bestimmten Zonen sind [021] und [221]. Für einen Krystallographen ist es aber auffallend, daß die Schnittpunkte dieser Geraden, d. h. die Punkte (112) und (021) durch keine Maxima besetzt sind.

Diese Tatsache wird sofort verständlich, wenn wir bemerken, daß die Richtungen der gebeugten Strahlen nicht nur durch die Rationalität der

Verhältnisse der Richtungscosinus, sondern auch durch die Rationalität dieser Cosinus selbst sich auszeichnen. Es fallen also die gebeugten Strahlen nicht mit jeder krystallographisch möglichen Richtung zusammen. Die erwähnten Schnittpunkte entsprechen eben denjenigen Richtungen in der Krystallplatte, die durch irrationale Größen der Cosinus bestimmt werden.

Wenn wir jetzt die betrachtete Krystallplatte uns als einen Complex von Molekülen vorstellen, die ein kubisches Raumgitter bilden, so ist die Bedingung der Rationalität der Cosinus identisch mit der Bedingung der Commensurabilität einer Diagonale des Raumgitters mit der Würfelkante desselben. Es fallen somit die Richtungen der gebeugten Strahlen mit denjenigen Punktreihen des Gitters zusammen, längs deren die Abstände der Punkte resp. Moleküle mit den Abständen längs den Würfelkanten commensurabel sind. Es sind also die schwarzen Punkte der Photogramme durch die Coordinaten bestimmt, die den Systemen der pythagoreischen Zahlen entsprechen. Man findet z. B. für die Coordinaten der gebeugten Strahlen folgende Bedeutungen:

$$x:y:z = 0:\ 3:\ 4,$$
$$x:y:z = 1:\ 4:\ 8,$$
$$x:y:z = 2:\ 3:\ 6,$$
$$x:y:z = 4:\ 4:\ 7,$$
$$x:y:z = 2:10:11.$$

Die diesen Richtungen entsprechenden Parameter (Abstände der Moleküle) im Raumgitter sind der Reihe nach 5, 9, 7, 9 und 15.

Was die Theorie der Erscheinung betrifft, so mag hier nur erwähnt werden, daß das oben bemerkte Fehlen der Maxima, die den Schnittpunkten der wohldefinierten und einfachen Zonen entsprechen, mit der Hypothese von J. Stark[1]) unvereinbar ist, nach der die Röntgenstrahlen aus Corpuskeln bestehen sollten, die durch die »Krystallschächte« dispergiert werden: solche Richtungen wie [012] und [112] sind krystallographisch einfach genug, um verhältnismäßig weite »Krystallschächte« darzustellen und sollten auf den Photogrammen entsprechende Maxima haben.

1) J. Stark, Physik. Zeitschr. 15. Oct. 1912, Nr. 20.

VIII. Auszüge.

1. **H. S. Washington** und **F. E. Wright** (in Washington): **Ein Feldspat von Linosa und die Existenz des Natron-Anorthits (Carnegieït)** (Amer. Journ. Sc. 1910, **29**, 52).

Dieser Feldspat wurde in losen Krystallen mit Kaersutitkrystallen zusammen in einem kleinen Schlackenkegel des Vulkans Monte Rosso auf der Insel Linosa, östlich von Tunis, gefunden.

Die Krystalle gestatteten keine krystallographischen Messungen, jedoch waren folgende Formen zweifellos vorhanden: {001}, {010}, {110} und {1$\bar{1}$0}. Es wurde vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis beobachtet und eine sehr unvollkommene parallel {010}.

Albitzwillingslamellen wurden an einigen der basischen Spaltungsflächen wahrgenommen; aus den Messungen des Winkels zwischen den Spaltungsflächen zweier benachbarter Lamellen (8° 3′) wurde der Winkel (001):(010) zu 85° 59′ berechnet.

Das specifische Gewicht beträgt unter Berücksichtigung einer Beimengung von 0,75 Procent Magnetit 2,684 bei 17° C. Die erhaltenen Brechungsindices sind: $\alpha_{Na} = 1,5549$, $\beta_{Na} = 1,5587$, $\gamma_{Na} = 1,5634$; $2V$ wurde durch Rechnung zu 82° 48′ gefunden. Der durch Messung erhaltene Winkel $2V$ war bei den verschiedenen dazu benutzten Dünnschliffen sehr verschieden und schwankte zwischen 78° 0′ und 88° 59′.

Die auf (001) gemessene Auslöschungsschiefe variierte von $a:\mathfrak{a} = -0,6°$ bis $-4,5°$ und auf (010) von $a:\mathfrak{a} = -2,5°$ bis $-11°$.

Da die optischen Eigenschaften beträchliche Schwankungen aufweisen, würden sie auf auf einen Andesin-Feldspat hindeuten, der einen etwas höheren Natrongehalt besitzt als $Ab_1 An_1$, also durchschnittlich etwa $Ab_3 An_2$, während andererseits das specifische Gewicht zu der Zusammensetzung $Ab_5 An_4$ führen würde.

Die von Washington ausgeführte Analyse ergab nach Abzug der Eisenoxyde, die vermutlich als Magnetit vorhanden waren, einer Spur Magnesiumoxyd und ungefähr 0,4 Procent Wasser, das als hygroskopisches Wasser angenommen wurde, die folgenden Werte:

		Molekularverhältnis:	$(\frac{1}{2}Na_2\frac{2}{3}Ca)Al_2Si_3O_{10}$	Ab_1An_1	Ab_3An_2
SiO_2	53,26	9,09	52,84	55,67	58,24
Al_2O_3	29,78	3,00	29,94	28,26	26,53
CaO	10,76	1,98	10,96	10,34	8,32
Na_2O	5,45	0,99	6,26	5,73	6,91
K_2O	0,75		0,00	0,00	0,00
	100,00		100,00	100,00	100,00

Während das Mineral von Linosa klare Molekularverhältnisse liefert, stimmt die abgeleitete Formel mit denen der Plagioklase, an die es am meisten erinnert, nicht überein, wie nachstehende Zusammenstellung erkennen läßt:

Mineral von Linosa $= Na_2O.2CaO.3Al_2O_3.\ 9SiO_2$,
Labradorit $(Ab_1An_1) = Na_2O.2CaO.3Al_2O_3.10SiO_2$,
Andesin $(Ab_3An_2) = 3Na_2O.4CaO.7Al_2O_3.22SiO_2$.

Zur Erklärung des ungewöhnlichen chemischen Charakters des Minerals sind verschiedene Wege in Vorschlag gebracht worden. Der eine von den Verfassern bevorzugte ist der, daß hier neben den Albit- und Anorthit-Molekülen noch ein drittes mit ihnen isomorphes Molekül: $Na_2O.Al_2O_3.SiO_2$ vorhanden ist, das sie »Natron-Anorthit« nennen. Dies würde eine trikline Form des Nephelinmoleküls sein, dessen Gegenwart in geringen Beträgen die optischen und chemischen Eigentümlichkeiten des Minerals genügend erklären würde.

Die Verff. gaben dieser natronhaltigen Varietät des Anorthits den Namen »Carnegieït«, zu Ehren von Andrew Carnegie, dem Begründer der Carnegie-Stiftung: für den dieses Molekül-enthaltenden gemischten Feldspat schlagen sie den Namen »Anemousit« vor, nach dem alten griechischen Namen für die Insel Linosa.

Ref.: W. E. Ford.

2. A. F. Rogers (in Paolo Alto, Californien): **Anhydrit und ihn begleitende Mineralien aus den Salzlagerstätten von Central-Kansas** (Amer. Journ. Sc. 1910, 29, 258).

Anhydrit wurde in Zusammenhang mit den Salzlagerstätten von Kanopolis, Ellsworth County, und Lyons, Rice County, beobachtet. Der Anhydrit ist dicht und kommt in Gestalt linsenförmiger Einlagerungen vor, welche selten über vier Zoll dick sind. Auch blätteriger und faseriger Anhydrit ist in Schichten von einem Zoll und mehr Dicke gefunden worden. Die begleitenden Mineralien sind Gyps, Dolomit (mit $\{40\bar{4}1\}$, $\{0001\}$), Cölestin, Quarz, Pyrit und Steinsalz.

Ref.: W. E. Ford.

3. W. M. Thornton, jr. (an der Universität von Virginia): **Über ein Zusammenvorkommen von Enargit, Covellin und Pyrit von Ouray Co., Colorado** (Ebenda 358).

Diese drei Mineralien wurden in inniger Verbindung auf einer Stufe beobachtet, welche von der Genesse Vanderbilt-Grube im Red Mountain-District, Ouray County, Colorado, stammte.

Eine Analyse des Enargits ergab: 50,82 Cu; 0,33 Zn; 17,28 As;

32,53 S; Summe: 100,96. Eine von J. E. Seabright ausgeführte Analyse des Covellins lieferte folgende Werte: 68,38 Cu; 32,51 S.

Ref.: W. E. Ford.

4. **W. E. Ford** und **W. M. Bradley** (in New Haven): **Chemische und optische Untersuchung eines Labradorits** (Amer. Journ. Sc. 1910, **30**, 151 bis 153).

Es wurde ein in vollkommen klaren und nahezu farblosen Rollstücken vorliegender Labradorit, welcher in den Altar Mountains in Mexico gefunden worden war, analysiert und optisch untersucht.

Die Mittelwerte aus zwei von Bradley ausgeführten Analysen ergaben:

SiO_2	51,24
Al_2O_3	30,84
CaO	13,59
Na_2O	3,76
K_2O	0,17
Fe_2O_3	0,73
Glühverlust	0,24
	100,57

Die Analyse führt auf ein Verhältnis des Albitmoleküls zum Anorthitmolekül wie 1 : 1,918. Das specifische Gewicht betrug 2,718; der berechnete Wert war 2,710.

Die Auslöschungswinkel betrugen auf den beiden Spaltungsflächen, jeweils in der Richtung der zweiten Spaltbarkeit gemessen:

	Gemessen:	Berechnet:
auf b (010) =	—24° 37′	—25° 33′
auf c (001)	—12 13	—11 58

In manchen Stücken waren kleine, hostienförmige Einschlüsse irgend eines Eisenoxydes, wahrscheinlich Hämatit, zu beobachten, welche mit ihrem größten Querschnitt der einen oder anderen Richtung der Spaltbarkeit parallel eingelagert waren. Diese Einschlüsse verleihen den Spaltungsflächen einen kupferartigen Schimmer, ähnlich demjenigen des Sonnensteins von Tvedestrand in Norwegen.

Ref.: W. E. Ford.

5. **R. C. Wells** (in Washington): **Ein neues Vorkommen von Hydrogiobertit** (Ebenda 189—190).

Das analysierte Material wurde als eine Ablagerung der Wässer von Phillips Springs in Chiles Valley, Napa County, Californien, gefunden. Die Ablagerung ruht oben auf und durchdringt einen bröckeligen bituminösen Schiefer.

Sie besteht aus kleinsphärolithischen Massen, welche äußerlich weiß gefärbt sind, auf den Bruchflächen dagegen ein grauliches Braun zeigen.

Spec. Gewicht = 2,152; Härte = 3—4. Es wurden zwei Proben analysiert; die erste davon, A, enthält beträchtliche Mengen des bituminösen Schiefers, während B aus ausgesuchtem Material bestand. Als Ergänzung zu den in den ersten drei Columnen nachstehender Zusammenstellung gegebenen Analysenwerten,

sind in den folgenden beiden Columnen die Werte zusammengestellt, welche sich ergeben, wenn man die Verunreinigungen in Abzug bringt und den Rest auf hundert Procent umrechnet.

	A_1	A_2	B	Mittel aus A_1 und A_2	B	Aus der Formel berechnet:
Unlöslich	25,41	25,33	14,93	—	—	—
$(Al, Fe)_2O_3$	1,85	1,90	1,06	—	—	—
CaO	2,54	2,60	1,84	—	—	—
MgO	—	31,81	36,40	46,94	45,80	44,9
CO_2	18,08	18,06	23,71	23,64	28,00	24,7
H_2O	19,81	20,06	20,81	29,42	26,20	30,4
Summe		99,76	98,75	100,00	100,00	100,00

Ref.: W. E. Ford.

6. **W. F. Hillebrand** und **F. E. Wright** (in Washington): **Ein neues Vorkommen von Plumbojarosit** (Amer. Journ. Sc. 1910, **30**, 191—192).

Das nachstehend beschriebene Material wurde zu American Fork in Utah gefunden. Es bildete in Verbindung mit Pyromorphit und Calcit bröckelige Klumpen. Die Krystalle waren klein — durchschnittlich ungefähr 0,15 Millimeter lang und 0,05 bis 0,1 Millimeter dick — und bildeten scharfumgrenzte kleine hexagonale Täfelchen, welche das basische Pinakoid und das Grundrhomboëder zeigten.

Der Winkel zwischen $c(0001)$ und $r(10\bar{1}1)$ betrug im Durchschnitt etwa $53^0 40'$.

Im Aggregat zeigt das Mineral eine tief bräunliche Farbe mit beinahe diamantartigem Glanz.

Eine gute Spaltbarkeit parallel den Flächen des Grundrhomboëders war deutlich erkennbar. Unter dem Mikroskop erscheinen die Körner blaß goldgelb bis bräunlichrot gefärbt und erweisen sich als stark pleochroitisch, derart, daß $\mathfrak{c}$ dunkel bräunlichrote und $\mathfrak{a}$ blaß goldgelbe Farbe zeigt. Die Absorption ist kräftig, $\mathfrak{c} > \mathfrak{a}$. Die Brechungsindices sind hoch; ε etwa 1,785 und $\omega >$ 1,825. Die Doppelbrechung ist stark, $>$ 0,040. Optisch einaxig, negativ.

Die Analyse ergab folgende Werte:

Fe_2O_3	42,87
PbO	18,46
K_2O	0,15
Na_2O	0,52
SO_3	27,67
H_2O	10,14
CuO	0,10
CaO	0,06
Unlöslich	0,40
Summe	100,37

Ref.: W. E. Ford.

7. **H. W. Foote** und **R. W. Langley** (in New Haven): **Über eine indirecte Methode zur Bestimmung von Niob und Tantal** (Amer. Journ. Sc. 1910, **30**, 393).

Gelegentlich einer Untersuchung betreffs einer neuen Methode zur Bestimmung der relativen Mengen von Niob- und Tantaloxyd, welche in einer Mischung beider vorhanden sind, wurde u. a. eine neue Stibiotantalitanalyse ausgeführt. Das untersuchte Material stammte von Mesa Grande in Californien.

Spec. Gewicht = 6,80.

	I.	II.	III.	Mittel:
Sb_2O_3	40,98	40,98	40,91	40,95
Bi_2O_3	—	0,50	0,69	0,60
Ta_2O_5	41,53	42,30	42,30	41,92
Nb_2O_5	16,56	15,82	15,82	16,19
Summe		99,60	99,72	99,66

Ref.: W. E. Ford.

8. **A. J. Moses** (in New York): **Einige Untersuchungen der synthetischen Saphire von Verneuil** (Ebenda 271—274).

Die Untersuchungen wurden an geschliffenen Steinen und an einem ungeschliffenen Kegel des geschmolzenen Materials ausgeführt.

Die Härte war dieselbe wie bei den natürlichen Saphiren. Spec. Gewicht 3,988, 3,977 und 4,01. Fein gepulverte Fragmente zeigten unter dem Mikroskop nahezu kubische Form.

Die Durchschnittswerte für die Brechungsindices waren: $\omega = 1,7680$, $\varepsilon = 1,7594$ und $\omega - \varepsilon = 0,0086$. Bei den dunkleren Steinen war merklicher Pleochroismus vorhanden, und zwar indigoblau und blaßblau. In einem Teile eines Dünnschliffes, der aus dem ungeschliffenen Kegel geschnitten worden war, wurde eine optisch negative einaxige Interferenzfigur erhalten, aber in einem anderen Teile wurde eine deutlich zweiaxige Figur beobachtet. Die optische Axe war um 40^0 gegen die Axe des Schmelzkegels geneigt.

Die von Dr. M. A. Lamme ausgeführten Analysen ergaben:

Al_2O_3	99,84	99,85	99,83
Fe_2O_3	Spur	Spur	Spur
TiO_2	0,11	0,12	0,13
Summe	99,95	99,97	99,96

Ref.: W. E. Ford.

9. **A. H. Phillips** (in Princeton, New Jersey): **Gageït, ein neues Mineral von Franklin, New Jersey** (Ebenda 283—284).

Dieses Mineral wurde, vergesellschaftet mit Zinkit, Willemit, Calcit und Leucophönicit, in Parker's Shaft gefunden.

Es kommt in dünnen nadelförmigen Krystallen vor, welche zu radialstrahligen Gruppen oder Bündeln vereinigt sind. Es ist klar und farblos und zeigt lebhaften Glasglanz. Unter dem Mikroskop betrachtet, lassen die Krystalle prismatische Flächen erkennen und manche sind von einer Pyramide begrenzt.

Vor dem Lötrohr ist das Mineral unschmelzbar und färbt sich fast schwarz. Es löst sich leicht in warmer verdünnter Salpetersäure.

Die von Herrn R. B. Gage of Trenton, nach dem das Mineral benannt wurde, ausgeführte Analyse ergab folgende Werte:

SiO_2	24,71
MnO	50,19
ZnO	8,76
MgO	11,91
H_2O	[4,43]
Summe	100,00

Das aus den Analysenwerten abgeleitete Molekularverhältnis ist: $SiO_2 : RO : H_2O = 1,48 : 4,00 : 0,9$, und führt zu der Formel $(RO)_8(SiO_2)_3 . 2H_2O$.

Ref.: W. E. Ford.

10. A. F. Rogers (in Palo Alto, Californien): **Die Mineralien der Pegmatitgänge von Rincon, San Diego County, Californien** (The School of Mines Quarterly 1910, **31**, 208—218).

An dieser Lokalität treten die Hauptpegmatitgänge auf, welche in ihrer Mächtigkeit zwischen 3 und 10 Fuß schwanken. Die Gänge bestehen in der Hauptsache aus Quarz, Orthoklas und Muscovit, welche Mineralien in parallelen Lagen angeordnet sind. Längs der Mittelzone der Gänge tritt eine Reihe von linsenförmigen Hohlräumen auf, welche die lithiumhaltigen und die mit diesen zusammen vorkommenden Mineralien führen.

Die verschiedenen in diesen Gängen gefundenen Mineralien sollen im nachstehenden beschrieben werden:

1) Wismut in kleinen glänzenden Massen mit Spaltungsflächen, neben Lepidolith.

2) Wismutocker (Bismit) kommt mit dem Wismut zusammen vor. Er besteht in der Hauptsache aus unregelmäßigen leuchtendgelben Teilchen; unter dem Mikroskop wurden aber auch einige winzige Kryställchen beobachtet. Dieselben waren parallel zu $\{100\}$ tafelig ausgebildet und von $\{011\}$ begrenzt. Der Winkel $(011):(0\bar{1}1)$ wurde zu 94^0 gemessen. Die Kryställchen zeigen parallele Auslöschung und sind nach c verlängert.

3) Quarzkrystalle sind gewöhnlich einfach begrenzt, 2 oder 3 cm lang, und zeigen die Formen $\{10\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}1\}$ und $\{51\bar{6}1\}$. Zwillinge mit $(10\bar{1}0)$ als Zwillingsebene sind gewöhnlich. Hyalith kommt als secundäre Bildung vor und bildet dünne Überzüge auf manchen Quarz- und Albitkrystallen.

4) Spinell. Der eisenhaltige Spinell, Pleonast, findet sich zusammen mit kleinen Granatkrystallen in kleinen, unvollständig ausgebildeten, oktaëdrischen Krystallen.

5) Orthoklas ist ein gewöhnlicher Bestandteil der Gänge, aber Krystalle davon sind nicht häufig. Die beobachteten Formen waren: $\{001\}$, $\{010\}$, $\{100\}$, $\{110\}$, $\{130\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{\bar{2}01\}$ und $\{\bar{1}11\}$. Meist tritt der Orthoklas, verwachsen mit Albit, als Perthit auf.

6) Mikroklin. Ein Teil des Feldspats ist Mikroklin.

7) Albit ist in den Gängen das vorherrschende Mineral. Er wird in Krystallen gefunden, welche parallel (010) tafelig entwickelt sind und folgende

Formen zeigen: $\{010\}$, $\{001\}$, $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{\bar{1}30\}$, $\{1\bar{3}0\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{201\}$, $\{\bar{1}11\}$ und $\{\bar{1}\bar{1}1\}$.

Die Krystalle sind verzwillingt, und zwar gewöhnlich nach dem Albit- und nach dem Karlsbader Gesetz.

8) Spodumen. Es wird hier die Varietät »Kunzit« gefunden. Der Habitus der Krystalle ist tafelig parallel zu (100). Die Form $\{110\}$ herrscht vor, während $\{010\}$ gewöhnlich nur als schmale Fläche entwickelt ist. Es wurden auch die Prismen $\{320\}$ und $\{130\}$ und die Endflächen $\{021\}$ und $\{\bar{1}11\}$ beobachtet. An einem Krystall wurde eine neue Form: $\{111\}$, beobachtet und durch Messungen mit dem Contactgoniometer bestätigt; die erhaltenen Werte schwankten zwischen 48^0 und 51^0; der berechnete Wert ist für den Winkel $(100):(111) = 50^0\,36'$. Viele Krystalle erwiesen sich als Zwillinge, mit (100) als Zwillingsebene. Die Art der Zwillingsverwachsung kann vermittelst der Lage der natürlichen Ätzfiguren bestimmt werden, welche sich auf den Prismenflächen vorfinden.

9) Beryll. Beryll ist an diesem Fundorte in grünlichen durchscheinenden Krystallen von prismatischem Habitus gefunden worden, welche eine Länge bis zu 10 cm erreichen; ferner als dünne Aquamarinkrystalle und spärlich in klaren, meergrünen Krystallen von etwa 5 cm Länge. Die Aquamarinkrystalle zeigen gewöhnlich $\{10\bar{1}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$, $\{0001\}$, $\{21\bar{3}0\}$ und $\{10\bar{1}0\}$. Auch einige wenige blaßrosa gefärbte Berylle von dicktafeligem Habitus sind gefunden worden.

10) Granat. Wurde in winzigen trapezoëdrischen Kryställchen beobachtet.

11) Turmalin wird hier in verschiedenartigster Färbung gefunden: rosa, blau, violett, grün, farblos und schwarz. Die Krystalle sind prismatisch ausgebildet mit rundlich dreieckigem Querschnitt. Als Endflächen wurden beobachtet: $\{12\bar{3}2\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{000\bar{1}\}$ und $\{10\bar{1}\bar{1}\}$. Im allgemeinen ist der Kern der farbigen Turmaline rosa gefärbt und wird von einer blaßgrünen Zone umschlossen. Der untere Teil des Krystalls ist tiefblau mit einer blaßblauen oder farblosen Schicht am äußersten Ende.

12) Desmin kommt in kleinen garbenförmigen Aggregaten als Überzug auf den Mineralien vor, welche in den Drusenräumen gefunden werden.

13) Heulandit kam spärlich mit dem Desmin zusammen vor und zeigt die gewöhnlichen Formen: $\{010\}$, $\{001\}$, $\{201\}$, $\{\bar{2}01\}$ und $\{110\}$.

14) Laumontit wurde in winzigen Kryställchen gefunden, welche die Formen $\{110\}$ und $\{\bar{2}01\}$ zeigten.

15) Muscovit fand sich in tafeligen sechseckigen Krystallen von 2—3 cm Durchmesser. Die beobachteten Formen waren: $\{001\}$, $\{010\}$ und $\{221\}$. Die Krystalle waren nach dem Glimmergesetz verzwillingt. Die Axenebene verläuft normal zu (010) und ein Strahl der Schlagfigur war zu $\{010\}$ parallel. $2E$ (für Natriumlicht) $= 69^0\,26'$.

16) Lepidolith kam in pseudohexagonalen, tafeligen und in pseudorhombischen, prismatischen Krystallen vor, welche infolge Zwillingsverwachsung zu sternförmigen Gruppen vereinigt sind. Sie zeigen die Formen $\{001\}$, $\{\bar{1}31\}$, $\{100\}$ und $\{010\}$. Die Ebene der optischen Axen ist parallel zu $\{010\}$ orientiert. Die pseudorhombischen Krystalle sind bisweilen in Gruppen zu je sechs mit ihren Basisflächen verwachsen und bilden dann gewöhnlich ein sternförmiges Aggregat.

17) Cookeït wurde in den Hohlräumen als Überzug auf Quarz, Lepidolith, Orthoklas, Albit und Kunzit gefunden; er ist ein secundäres Mineral. Seine

Farbe variiert von farblos bis zu dunkelrosa; die gewöhnliche Färbung ist ein gelbliches Rosa.

18) Columbit wurde in kleinen mangelhaften Krystallen beobachtet.

19) Amblygonit fand sich in einigen wenigen kleinen Stücken.

20) Apatit wurde in tafeligen Krystallen von schmutziggrüner Farbe beobachtet. Dieselben zeigten folgende Formen: $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}1\}$, $\{10\bar{1}2\}$, $\{10\bar{1}1\}$ und $\{31\bar{4}1\}$.

Ref.: W. E. Ford.

11. H. P. Whitlock (in Albany, New York): **Krystallographische Notizen** (The School of Mines Quarterly 1910, **31**, 225—234).

1) Datolith vom Erie-Eisenbahn-Einschnitt, Bergen Hill, New Jersey.

Es wurden Krystalle untersucht, welche die für den Datolith von Bergen Hill von E. S. Dana[1]) erstmalig beschriebenen, vier verschiedenen Ausbildungsformen zeigten. Der einfachste Typus der Krystalle zeigte, bei Beibehaltung der Aufstellung von Dana, die Formen $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $m_\chi\{011\}$, $n\{111\}$, $\mu\{\bar{1}14\}$ und $\varepsilon\{\bar{1}12\}$. Der zweite Typus Dana's, welcher durch das Vorherrschen der Basisfläche ausgezeichnet ist, wurde ebenfalls beobachtet. Die vorhandenen Formen waren: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $g\{012\}$, $m_\chi\{011\}$, $n\{111\}$, $\mu\{\bar{1}14\}$ und $\varepsilon\{\bar{1}12\}$. Auch der dritte Typus Dana's, der durch das Vorhandensein von gerundeten Flächen der Domen $s\{302\}$ und $\psi\{201\}$ charakterisiert ist, wurde gefunden und zeigte folgende Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $x\{102\}$, $s\{302\}$, $\psi\{201\}$, $\delta\{012\}$, $\chi\{011\}$, $n\{111\}$, $\mu\{\bar{1}14\}$, $\lambda\{\bar{1}13\}$ und $\varepsilon\{\bar{1}12\}$. Die vierte und flächenreichste Type Dana's war durch Krystalle vertreten, welche die folgenden Formen zeigten: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{230\}$, $o\{120\}$, $l\{130\}$, $u\{104\}$, $x\{\bar{1}02\}$, $\xi\{\bar{1}02\}$, $t\{013\}$, $g\{012\}$, $m_\chi\{011\}$, $n\{111\}$, $k\{\bar{1}15\}$, $\mu\{\bar{1}14\}$, $\lambda\{\bar{1}13\}$, $\varepsilon\{\bar{1}12\}$, $V\{\bar{1}11\}$, $q\{312\}$, $N\{322\}$, $Q\{122\}$, $\beta\{121\}$, $\pi\{\bar{2}31\}$ und $\alpha\{\bar{1}24\}$. Es wurden noch zwei weitere, für den Datolith neue Pyramiden beobachtet, nämlich $K\{132\}$ und $Y\{225\}$. Die Pyramide K wurde in den Zonen $[(011):(121):(110)]$ und $[(312):(111)]$ liegend gefunden und war ferner durch ihre Winkeldistanz von (011) bestimmt; $(011):(132) = 26^0 17'$ gemessen, $26^0 15\frac{1}{2}'$ berechnet. Die Flächen der Formen waren größtenteils sehr schmal, beinahe nur linienförmig. Die Form $Y\{255\}$ wurde als kleine, wohl definierte Fläche beobachtet, welche in der Zone $[(100):(011)]$ liegt und weiterhin durch folgende Messungen bestimmt wurde:

	Gemessen:	Berechnet:
$m:Y = (011):(255) =$	$26^0 11'$	$26^0 21\frac{1}{2}'$
$b\ :Y = (010):(255)$	45 27	45 18

2) Apophyllit vom Erie-Eisenbahn-Einschnitt, Bergen Hill, New Jersey.

Es wurde ein Krystall, welcher etwa 4 cm in der Richtung der Verticalaxe maß, untersucht und daran folgende Formen beobachtet: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $y\{310\}$, $p\{111\}$ und eine neue Pyramide $h\{711\}$. Die neue Form, welche an dem Krystall mit acht schmalen, aber gut entwickelten Flächen auftrat, wurde durch folgende Messungen bestätigt:

1) Amer. Journ. Sci. 1872, **4**, 16.

	Gemessen:	Berechnet:
$h:h = (711):(7\bar{1}1) =$	$16^0\ 3'$	$16^0\ 9'$
$h:h = (711):(171)$	73 30	73 $52\frac{1}{2}$
$a:h = (100):(711)$	9 50	10 22

3) Calcitkrystalle von pyramidalem Habitus von Kelly's Island, Ohio.

Diese Krystalle zeigen vorherrschend die Pyramide $\{8.8.\bar{16}.3\}$. Die anderen daran beobachteten Formen waren: $\{01\bar{1}2\}$, $\{0001\}$, $\{02\bar{2}1\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{04\bar{4}3\}$ und $\{21\bar{3}1\}$; außerdem wurden zwei neue Skalenoëder gefunden: $T\{6.13.\bar{19}.4\}$ und $\vartheta\{21.5.\bar{26}.18\}$. Das Skalenoëder $\{6.13.\bar{19}.4\}$ wurde in der Zone $[\{80\bar{8}1\}:\{8.8.\bar{16}.3\}:\{04\bar{4}1\}]$ und im Schnittpunkt der Zonen $[\{3\bar{3}02\}:\{01\bar{1}0\}]$ und $[\{0.13.\bar{13}.4\}:\{10\bar{1}0\}]$ liegend gefunden. Die beiden neuen Formen wurden durch folgende Winkelmessungen bestimmt:

	Gemessen:	Berechnet:
$(6.13.\bar{19}.4):(19.\bar{13}.\bar{6}.4) =$	$81^0\ 0'$	$81^0 10\frac{1}{2}'$
$(6.13.\bar{19}.4):(\bar{6}.19.\bar{13}.4)$	34 42	34 $56\frac{1}{2}$
$(6.13.\bar{19}.4):(13.6.\bar{19}.\bar{4})$	36 9	36 $3\frac{1}{2}$
$(0001):(6.13.\bar{19}.4)$	76 3	76 $26\frac{1}{2}$
$(21.5.\bar{26}.18):(\bar{21}.26.\bar{5}.18)$	73 43	73 $27\frac{1}{2}$
$(21.5.\bar{26}.18):(26.\bar{5}.\bar{21}.18)$	16 $43\frac{1}{2}$	16 45
$(21.5.\bar{26}.18):(\bar{5}.\bar{21}.26.18)$	96 $35\frac{1}{2}$	96 $31\frac{1}{2}$
$(0001):(21.5.\bar{26}.18)$	52 $12\frac{1}{2}$	52 10

Ref.: W. E. Ford.

12. H. P. Whitlock (in Albany, New York): **Beiträge zur Mineralogie** (N. Y. State Museum Bull. 1910, **140**, 197—203).

1) Brookit. In einer Calcitader bei Meadowdale, Albany County, New York, wurden winzige Brookitkryställchen gefunden. In ihrer Ausbildung ähnelten dieselben den Brookitkrystallen von Ellenville, Ulster County, New York, und zeigen folgende Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $k\{410\}$, $l\{210\}$, $m\{110\}$, $y\{104\}$, $t\{021\}$, $z\{112\}$ und $e\{122\}$.

2) Fluorit von Rossie, St. Lawrence County, New York.

Das beschriebene Stück besteht aus einem oktaëdrischen Krystall mit rauhen Flächen, welche von winzigen hexakisoktaëdrischen Krystallen gebildet werden. Die Ecken des oktaëdrischen Krystalles sind jedesmal durch wohlausgebildete aufgelagerte hexakisoktaëdrische Krystalle ersetzt. Die beobachteten Formen waren: $a\{100\}$, $o\{111\}$, $v\{731\}$ und $\Theta\{19.1.1\}$; die letztere Form ist neu und wurde durch folgende Messung festgestellt: $a(100):\Theta(19.1.1) = 4^0 13'$ (gemessen); $4^0 15'$ (berechnet).

3) Magnetit von der Split Rock Iron Mine, Essex County, New York.

Auf der Oberfläche einer Masse von titanhaltigem Magnetit wurden kleine kubische Magnetitkrystalle gefunden. Die einfacheren Combinationen zeigten große Flächen von $a\{100\}$ mit kleinen Abstumpfungen durch $o\{111\}$ und $d\{110\}$. Ein formenreicherer Krystall zeigte außerdem noch die Formen $q\{331\}$, $k\{552\}$ und das neue Ikositetraëder $\psi\{711\}$. Die neue Form, welche von glänzenden Flächen gebildet wird, wurde durch folgende Messungen bestimmt:

	Gemessen:	Berechnet:
$\psi(7\bar{1}1):\psi'''(7\bar{1}\bar{1})$ =	16° 2′	16° 6′
$a(100):\psi(7\bar{1}1)$	11 17	11 25½

4) Gyps von Garbutt, Monroe County, New York.

Die kleinen Krystalle zeigten die folgende große Zahl von Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $z\{310\}$, $\alpha\{210\}$, $\psi\{320\}$, $f\{110\}$, $g\{230\}$, $\delta\{250\}$, $h\{120\}$, $k\{130\}$, $l\{111\}$, $n\{\bar{1}11\}$, $o\{\bar{2}12\}$ und $p\{\bar{3}13\}$.

Ref.: W. E. Ford.

13. A. F. Rogers (in Palo Alto, Californien): **Mitteilungen über einige Pseudomorphosen, Versteinerungen und Umwandlungen** (Proceed. Amer. Phil. Soc. 1910, 49, 17—23).

Der Verf. gibt kurze Mitteilungen betreffs verschiedener Pseudomorphosen usw.

Pseudomorphosen: 1) Kupfer nach Cuprit, von der Calumet-Arizona-Mine, Bisbee, Arizona. Besteht aus kleinen Würfeln, welche durch Flächen des Oktaëders und Dodekaëders modificiert sind.

2) Kupfer nach Chalcanthit(?), von Carlisle, Arizona. Das Stück zeigt eine grobfaserige 2 cm dicke Spaltenausfüllung von gediegen Kupfer.

3) Chalcedon nach Calcit, von Guanajuato, Mexico: in Form eines hohlen, doppelendigen Skalenoëders.

4) Hämatit nach Markasit, von Lake Co., Californien; in kleinen Krystallen, welche dieselbe äußere Form haben, wie der am selben Fundort vorkommende nicht umgewandelte Markasit.

5) Limonit nach Chalkopyrit von Granby, Missouri; in Form kleiner sphenoidischer Krystalle, vergesellschaftet mit Dolomit, Calamin und Smithsonit.

6) Limonit nach Cerussit, von Burke, Idaho; in Gestalt prismatischer Aggregate, ähnlich denen des nicht umgewandelten Cerussits von demselben Fundorte.

7) Wad nach Calcit, von der Echo Mine bei Mojave, Californien; aus Hohlräumen in Quarz bestehend, welche die Gestalt von Calcitskalenoëdern haben und jetzt mit Wad ausgefüllt sind.

8) Calcit nach Aragonit, vom Patterson Paß, östlich von Livermore, Californien. Eine Travertinablagerung besteht aus einem gebänderten, grobfaserigen Aragonit, welcher stellenweise in Calcit übergegangen ist.

9) Smithsonit nach Calcit, von Granby, Missouri; in Gestalt spitzer Rhomboëder $\{02\bar{2}1\}$.

10) Smithsonit nach Dolomit, von Granby, Missouri; wobei charakteristisch gestalteter Dolomit in Smithsonit umgewandelt ist.

11) Cerussit nach Calcit, von Granby, Missouri, in Form skalenoëdrischer Krystalle.

12) Pyromorphit nach Bleiglanz, von Granby, Missouri. Die Krystalle zeigen einen Kern von Bleiglanz, welcher zunächst mit einer Lage Cerussit und weiterhin außen mit einer Schicht von Pyromorphit umgeben ist.

13) Calamin nach Calcit, von Granby, Missouri; in Gestalt hohler skalenoëdrischer Krystalle.

14) Muscovit nach Turmalin, von Pala, Californien; in Form eines rauhen prismatischen Krystalls.

15) Talk nach Aktinolith, von Apperson Creek, Alameda County, Californien; in radialstrahlig säulenförmiger Gestalt, ähnlich dem an benachbarten Fundorten vorkommenden Aktinolith.

16) Chrysokoll nach Cuprit, a) von der Santa Margarita Mine, New Almaden, Californien; b) aus der Umgebung von Mammoth, Utah. Chrysokoll ist hier nach der »Chalkotrichit« genannten Varietät des Cuprits pseudomorph.

17) Chrysokoll nach Calcit, a) von Arlington, New Jersey, und b) von der Reward Gold Mine, Inyo County, Californien. Zu Arlington kommen die Pseudomorphosen in Gestalt kleiner Skalenoëder, an dem californischen Fundort in Form von Rhomboëdern vor.

Versteinerungen. 18) Sphalerit als Versteinerungsmaterial von Kohle, von Galena, Kansas.

19) Pyrit als Versteinerungsmittel von Avicula pecten, von Leavenworth, Kansas.

20) Limonit als Versteinerungsmaterial eines Gasteropoden, von Carnegie, Corral Hollow, Californien.

21) Limonit als Versteinerungsmittel von Zweigen, von Bingham, Utah.

22) Malachit als Versteinerungsmaterial von Cedernholz, von Bingham, Utah.

23) Baryt als Versteinerungsmittel des Brachiopoden Productus punctatus.

Umwandlungen. 24) Schwefel durch Umwandlung von Sphalerit entstanden, von Galena, Kansas.

25) Strontianit, kommt in kleinen Krystallen als Auskleidung von Hohlräumen im Cölestin von Austin, Texas, vor.

26) Baryt in kleinen Krystallen in Hohlräumen im Witherit von Northumberland, England.

27) Copiapit, aus Pyrit hervorgegangen, und Limonit, durch Umwandlung aus Copiapit entstanden, aus der Umgebung von San Jose, Californien.

28) Hornblende, aus Hypersthen hervorgegangen, von der Arroyo Bay bei Livermore, Californien.

29) Sericit, aus verschiedenen Feldspäten durch Umwandlung entstanden, in Pegmatiten aus der Gegend von New York City.

Ref.: W. E. Ford.

14. H. E. Kramm (in Palo Alto, Californien): **Serpentine der Centralkette des Küstengebirges von Californien** (Proceed. Amer. Phil. Soc. 1910, **49**, 315—349).

Diese Arbeit behandelt in der Hauptsache die petrographische Beschreibung der Serpentingesteine der Centralkette des Küstengebirges von Californien, enthält u. a. aber die folgenden mineralogischen Daten. Die primären Mineralien der Gesteine umfassen Chrysolith, Enstatit, Bronzit, Diallag, Picotit und Chromit. Der Chrysolith ist in den meisten Fällen umgewandelt und nur unter dem Mikroskop erkennbar. Der Enstatit kommt in rauhen prismatischen Krystallen von dunkelgrüner Farbe vor und besitzt eine gute Spaltbarkeit.

Picotit findet sich in Körnern von beträchtlicher Größe mit unregelmäßiger Begrenzung. Die Massen sind von einer schwarzen Schicht secundären Chromits umgeben. Chromit wurde auch als primärer Bestandteil der Gesteine gefunden. Eine Analyse des Chromits von Cedar Mountain, Alameda County, ergab:

Al_2O_3	18,79
FeO	16,99
CaO	Spur
MgO	8,41
Cr_2O_3	55,74
NiO	Spur
MnO	Spur
H_2O	0,09
Summe	99,82

Ferner wurden folgende secundäre Mineralien gefunden: Serpentin in Gängen, als Pseudomorphose nach Enstatit und Bronzit, und als Chrysotil; Magnetit, Magnesit, Tremolit, Hydromagnesit, Calcit, Dolomit, Aragonit, Epsomit, Limonit und Hämatit. Eine Analyse des Hydromagnesits ergab:

SiO_2	9,37
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	Spur
CaO	2,46
MgO	39,25
CO_2	29,45
H_2O	18,74
Summe	99,27

Ref.: W. E. Ford.

15. E. F. Smith (in Philadelphia): **Über einige Mineralien von Berks County, Pennsylvanien** (Proceed. Acad. Nat. Sc., Philadelphia 1910, 62, 538 bis 540).

Die beschriebenen Mineralien wurden in einem Eisenbahneinschnitt, östlich von Reading, Pennsylvanien, gesammelt.

1. Laumontit; spec. Gewicht = 2,253. Die Analyse ergab: SiO_2 52,12; Al_2O_3 22,2; CaO 11,89; Glühverlust 14,12.

2. Apophyllit in farblosen und weißen Krystallen. Spec. Gewicht = 2,3999. Zwei Analysen ergaben:

	I.	II.
SiO_2	52,03	51,95
Al_2O_3	0,28	2,94 (Al₂O₃ + Fe₂O₃)
Fe_2O_3	Spur	
CaO	25,11	23,68
Na_2O	0,71	0,34
K_2O	5,13	4,47
MgO	—	0,36
Glühverlust	17,43	15,81
Summe	100,69	99,55

3. Stilbit. In dünnen, strahlig krystallisierten Lagen auf der Gesteinsoberfläche. Spec. Gewicht = 2,12. Eine Analyse ergab: SiO_2 54,27, Al_2O_3 17,24, CaO 7,81, Na_2O 1,81, Glühverlust 19,56.

4. Granat. Die in ihrer Färbung zwischen schwarz und grün, braun und grau schwankenden Krystalle wurden im Gestein verteilt gefunden. Spec. Ge-

wicht = 3,6. Eine Analyse lieferte: SiO_2 34,98, Fe_2O_3 26,82, FeO 0,37, Al_2O_3 5,82, MnO 0,08, CaO 31,23, MgO 0,57.

5. Pyroxen in lichtgrün gefärbten Krystallen. Spec. Gewicht = 3,187. Eine Analyse davon ergab: SiO_2 52,23, Al_2O_3 3,58, FeO 2,45, MnO 1,55, CaO 20,00, MgO 18,31, Glühverlust 1,79.

6. Chabasit. Die Krystalle desselben waren farblos oder weiß. Spec. Gewicht = 2,053. Eine Analyse lieferte folgendes Resultat: SiO_2 48,49, Al_2O_3 18,49, CaO 8,78, MgO 0,05, Na_2O 1,41, K_2O 0,69, Glühverlust 22,01.

7. Skolezit wurde in Aggregaten beobachtet, welche aus radialstrahligen Krystallnadeln bestanden. Spec. Gewicht = 2,27. Eine Analyse desselben ergab: SiO_2 47,04, Al_2O_3 25,42, CaO 9,86, Na_2O 4,77, Glühverlust 13,60.

Ref.: W. E. Ford.

16. A. N. Winchell (in Butte, Montana): **Mitteilungen über Wolframmineralien in Montana** (Economic Geology 1910, 5, 158—165).

Scheelit wird zu Jardine, Montana, in Quarzgängen in unregelmäßigen Nestern gefunden. Die Mineralien der Gänge sind Quarz, Arsenopyrit und, dagegen etwas zurücktretend, Chalkopyrit und Pyrit. Der Scheelit ist bisweilen in ein gelbes Mineral von mäßiger Doppelbrechung und niedrigem Brechungsindex umgewandelt, das wahrscheinlich Tungstit ist. Hübnerit wird als zurücktretender Bestandteil sowohl der Kupfer- als der Silbererze von Butte, Montana, gefunden. In Verbindung mit den Silbergängen ist er an einigen wenigen Stellen in genügender Menge gefunden worden, um die Bezeichnung »Wolframerz« zu rechtfertigen. Der Hübnerit tritt gewöhnlich in großen dünntafeligen Krystallen auf, welche oft divergierende Gruppen bilden. Die Prismenflächen sind vertical gestreift. Das Mineral besitzt einen hohen Brechungsindex mit Doppelbrechung von ungefähr derselben Größenordnung wie diejenige des Zirkons. Die Absorption ist schwach, jedoch deutlich wahrnehmbar, mit einem Maximum längs der b-Axe. Pleochroïsmus fehlt oder ist außerordentlich schwach. Optisch positiv.

Ref.: W. E. Ford.

17. Waldemar Lindgren (in Washington): **Anhydrit als Gangmineral** (Economic Geology 1910, 5, 522—527).

Erzstufen von der Cactus Mine, Beaver County, Utah, zeigen die Erze Chalkopyrit und Pyrit in Durchwachsung mit den Gangmineralien Turmalin, Siderit, Hämatit, Anhydrit und Gyps. Der Gyps ist offenbar immer ein Umwandlungsproduct des Anhydrits.

Ref.: W. E. Ford.

18. F. D. Adams (in Montreal): **Experimentaluntersuchungen über die Einwirkung von Differentialdruck auf gewisse Mineralien und Gesteine, unter Anwendung des von Prof. Kick in Vorschlag gebrachten Processes** (Journ. of Geol. 1910, 18, 489—525).

Die im nachstehenden aufgeführten Mineralien wurden hohen Differentialdrucken ausgesetzt, um festzustellen, ob sie irgend welche Plasticität zeigen oder nicht. Die Krystalle wurden in ein dickes Kupferrohr gebracht, entweder in Alaun, Schwefel, leichtschmelzbares Metall oder in Paraffin-Wachs eingebettet, und die beiden Enden des Rohres mit Platten aus Messing oder Stahl ver-

schlossen. Der Druck wurde auf die Enden der so vorbereiteten Metallröhre ausgeübt.

1) Gyps. Durch Druck wurde leicht eine Deformation hervorgebracht.

2) Halit. Ein Krystall von Steinsalz wurde bei der Pressung mit Leichtigkeit flachgedrückt. Der deformierte Krystall war hell durchscheinend, aber nicht wirklich durchsichtig, und seine Seitenflächen waren an einigen Stellen schön gebogen.

3) Calcit. Es wurde ein Spaltungsstück von isländischem Doppelspat dem hohen Druck unterworfen; dasselbe wurde dabei in einen Zwillingskrystall umgewandelt. Der Krystall hinterließ auf den Stahl- und Schmiedeeisenplatten, welche zum Verschluß der beiden Enden der Kupferröhre dienten, deutlich wahrnehmbare Eindrücke.

4) Fluorit. Es wurde gefunden, daß Fluoritkrystalle in merklichem Grade plastisch waren, aber der zu ihrer Deformation notwendige Druck war viel höher als im Falle des Calcits. Dort, wo die Krystalle mit den Messing- oder Stahlplatten an den Enden des Rohres in Berührung kamen, wurden durch die Ecken der Krystalle scharfe Einschnitte erzeugt. Auch die Farbe des Minerals wurde durch den Druck verändert. In einigen Fällen wurde seine ursprünglich grüne Färbung viel blasser und in anderen Fällen war sie in ein blasses Purpurrot oder Violett umgewandelt worden.

5) Apatit. Apatit erwies sich als viel spröder wie die vorgenannten Mineralien, zeigte aber doch noch in geringem Grade die Eigenschaft der Plasticität.

6) Diopsid. Die Krystalle zeigten zunächst eine leichte Verdrehung; weiterhin, als der Druck zunahm, entwickelte sich in ihnen eine Reihe polysynthetischer Zwillingslamellen, welche der Basisfläche parallel lagen, und schließlich zerbrachen sie längs bestimmter Linien unter Bildung von Kataklasstructur.

7) Limonit. Ein Würfel von Limonit, pseudomorph nach Pyrit, zeigte bei der Pressung keine deutlich erkennbare Deformation.

8) Orthoklas. Krystalle von Orthoklas zeigten sehr wenig plastische Bewegung, zerfielen vielmehr bei der Pressung nahezu vollständig in Bruchstücke und Körner.

9) Magnetit. Ein Magnetitkrystall wurde durch den Druck in Stücke zerbrochen, welche für sich die Form von kleinen, den Oktaëderflächen parallelen Platten zeigten.

10) Pyrit. Ein Krystall von Pyrit zeigte bei der Pressung keinerlei plastische Deformation.

11) Quarz. Es war kein Anzeichen irgend welchen plastischen Flusses zu beobachten.

12) Granat. Der größte Teil eines Granatkrystalls, welcher der Pressung ausgesetzt wurde, wurde in ein feines Pulver verwandelt und zeigte keine Spur von Plasticität.

Ref.: W. E. Ford.

19. G. Steiger (in Washington): **Bemerkung über Fehler bei der chemischen Analyse von Gyps** (aus: »Eine Untersuchung der Gypslager Californiens« von Frank L. Hess. Bulletin U. S. Geological Survey 1910, Nr. **413**, 33—36).

In Verbindung mit den Analysen des Gypses wurde die Einwirkung des

Feinpulverns auf den Wassergehalt untersucht und es stellte sich bei dieser Gelegenheit heraus, daß fortgesetztes Feinzerreiben bedingt, daß der Wassergehalt geringer wird. Die folgende Tabelle zeigt den Wasserverlust einer Probe von Gyps, welche in einem mechanischen Mörser feingerieben wurde, für verschiedene Längen der Versuchsdauer.

Dauer des Zerreibens:	Wassergehalt:
5 Stunden	16,65 %
10 »	12,57
15 »	10,25
20 »	7,74
30 »	6,95
49 »	4,11

Ähnliche Resultate wurden gelegentlich der Analyse von Handelsgypsen gewonnen. Die in der ersten Columne nachstehender Tabelle enthaltenen Werte geben den Wassergehalt der grob zerkleinerten (nicht gemahlenen) Probe, diejenigen der zweiten Spalte den Wassergehalt der gleichen, aber feingemahlenen Probe.

	Wassergehalt der grob zerkleinerten Probe:	Wassergehalt der gleichen, aber feingemahlenen Probe:	Differenz:
Probe 1	15,60 %	9,78 %	5,82 %
» 2	20,45	16,12	4,33
» 3	15,15	9,90	5,25
4	19,48	19,90	0,42
» 5	17,80	9,19	8,61
» 6	19,73	19,86	0,13

Die Menge des wiederaufgenommenen Wassers, wenn man die Probe einige Zeit der Luft ausgesetzt hatte, betrug etwa $1\frac{1}{2}$—2 %.

Ref.: W. T. Schaller.

20. **F. W. Clarke** (in Washington): **Analysen von Gesteinen und Mineralien, ausgeführt im Laboratorium des U. S. Geological Survey** (Bulletin U. S. Geological Survey 1910, Nr. **419**, 323 ff.).

Von den in dieser Abhandlung enthaltenen Analysen dürften die nachstehenden anderwärts bisher noch nicht veröffentlicht worden sein.

Tetraëdrit von der Anchor Mine, Park City District, Utah.

Analysiert von G. Steiger.

Sb	21,30
As	5,54
Cu	37,87
Ag	1,49
Fe	0,95
Zn	7,58
Mn	0,02
S	25,66
Summe	100,41

Prehnit von Nieder-Californien, Mexico. (Als Fundort ist irrtümlich Smith's Mountain bei Oak Grove, San Diego County, Californien, angegeben. Der Ref.).

Analysiert von W. T. Schaller; a. derb, b. Krystalle. Spec. Gewicht = 2,895—2,909.

	a.	b.
SiO_2	43,48	42,63
Al_2O_3	24,52	26,64
Fe_2O_3	0,34	—
CaO	27,19	27,05
H_2O	4,32	4,26
F	0,17	—
Summe:	100,02	100,58

Glaukonit vom Big Goose Cañon, 15 Miles südwestlich von Sheridan, Big Horn Mountains, Wyoming.

Analysiert von G. Steiger. Spec. Gewicht = 2,73.

SiO_2	49,23
Al_2O_3	7,11
Fe_2O_3	20,89
FeO	3,06
MgO	3,44
Na_2O	0,11
K_2O	8,51
H_2O (100°)	1,83
H_2O (über 100°)	4,88
MnO	Spur
CaO	»
Summe	99,06

Dufrenit (Kraurit) (?). Zwei Proben eines faserigen Phosphates von Grafton, New Hampshire.

Analysiert von W. T. Schaller.

P_2O_5	32,40	31,87
Fe_2O_3	39,77	47,44
FeO	6,98	3,69
MnO	0,45	5,51
CaO	5,71	0,99
MgO	3,48	0,12
H_2O	11,53	10,31
Summe	100,32	99,93

(Die Stufen gingen bei einer Feuersbrunst zugrunde und konnten deshalb nicht weiter untersucht werden. Ref.).

Pisanit von Bingham, Utah (a); analysiert von W. F. Hillebrand.

Halotrichit von Alum Creek, Neu-Mexico (b); analysiert von W. T. Schaller.

	a.	b.
CuO	12,60	—
FeO	14,13	7,94
ZnO	0,10	—
Al_2O_3	—	11,77
SO_3	28,52	35,25
H_2O	44,92	45,09
Summe	100,27	100,05

In der Arbeit sind weiterhin Analysen (von W. T. Schaller) von Turmalinen, Muscovit, Cookeït und Lepidolith enthalten, die jedoch hier nicht mit aufgeführt werden, weil sie in dieser Zeitschrift teils bereits veröffentlicht sind (Turmalin), teils noch veröffentlicht werden. Ref.).

Ref.: W. T. Schaller.

21. H. Bancroft (in Washington): **Cosalitanalyse,** in: »Mitteilungen über Wolframitlager bei Deer Park, Washington« [Staat Washington. Ref.] (Bulletin U. S. Geological Survey 1910, No. **430**, 214—216).

Eine Analyse (von R. C. Wells) von langfaserigen Cosalitkrystallen ergab:

Bi	45,25
Pb	33,66
S	16,58
Ag	0,80
Cu	1,16
Gangart	2,19
Wasser	0,17
	99,81

Das Mineral steht seiner Zusammensetzung nach also zwischen Cosalit und Galenobismutit.

Ref.: W. T. Schaller.

22. Ch. Travis (in Philadelphia): **Über das Verhalten von Krystallen in Licht, welches einer optischen Axe parallel ist** (Amer. Journ. of. Sc. 1910 **29**, 427—435).

Wenn eine Krystallplatte, welche aus einem zweiaxigen Krystall senkrecht zu einer Axe geschnitten ist, zwischen gekreuzten Nicols in parallelem Lichte betrachtet wird, so erscheint sie, wenn sie um die Axe gedreht wird, in allen Lagen gleichmäßig hell. Als Ursache dieser Erscheinung spielt die innere conische Refraction keine Rolle; der Verf. sieht vielmehr den Grund darin, daß sog. paralleles Licht für gewöhnlich nicht aus streng parallelen, sondern aus solchen Strahlen besteht, welche gegeneinander mehr oder weniger geneigt sind. Das Verhalten der Krystalle in Licht, welches der einen optischen Axe angenähert parallel ist, wird erklärt durch Interferenzerscheinungen von genau der gleichen Art, wie sie in jedem anderen beliebigen Schnitt beobachtet werden, wobei das Licht unter irgend einem Winkel gegen die optische Axe geneigt ist. — Der relative Lichtbetrag, den ein Krystallschnitt bei der Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols durchläßt, wird mit Hilfe der Interferenzfigur, den der nämliche Schnitt im convergenten Lichte zeigt, bestimmt unter Benutzung der Formel:

$$I = \sin^2 \vartheta \cdot \sin^2 \pi \varDelta.$$

I = Intensität in einem beliebigen Punkte der Interferenzfigur; Δ = Phasendifferenz; ϑ = Winkel der Schwingungsebenen der Strahlen mit den Nicolebenen. Dabei ist Δ durch folgende Gleichungen bestimmt:

Für zweiaxige Krystalle:

$$\Delta \lambda = F \varrho \sin \varphi_1 \sin \varphi_2$$

$$F = \left[\tfrac{1}{2}\left(\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}\right)\right] : \left[\frac{\frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{\gamma^2}}{2}\right]^{\frac{3}{2}}$$

Für einaxige Krystalle:

$$\Delta \lambda = F \cdot \varrho \cdot \sin^2 \varphi$$

$$F = \pm \left[-\tfrac{1}{2}\left(\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{\varepsilon^2}\right)\right] : \frac{1}{\omega^3}$$

In diesen Gleichungen ist ϱ die Dicke des Krystallschnittes, gemessen in Richtung der Wellenfrontnormalen der Strahlen; φ_1 und φ_2 sind die Winkel dieser Normalen mit den beiden optischen Axen in einem zweiaxigen Krystall, entsprechend φ in einem einaxigen Krystall. In beiden Fällen ist F eine Function der Hauptbrechungsindices; wenn $\gamma - \alpha$ beim zweiaxigen Krystall gleich ist $\pm (\omega - \varepsilon)$ beim einaxigen Krystall, ist F in beiden Fällen nicht sehr verschieden. Für Richtungen in der Nähe der optischen Axen kann die Gleichung für Δ geschrieben werden: $\Delta = [F\varrho \cdot \varphi_1 \sin 2V] : \lambda$ und $\varphi = [k \cdot \Delta] : \sin 2V$; k ist eine Constante; $2V$ ist der Winkel der optischen Axen. Entsprechend wird φ für einaxige Krystalle: $\varphi = \sqrt{k \cdot \Delta}$.

Die geometrischen Örter der Punkte gleicher Phasendifferenz Δ sind concentrische Kreise. Der Mittelwert der Lichtstärke jenes Teiles der Figur, der von einem Kreise, dessen Mittelpunkt auf der Axe liegt, eingeschlossen ist, wächst mit der Größe des Kreises (Radius), bis dieser mit dem ersten Ring größter Helligkeit zusammenfällt; daraufhin schwankt der Mittelwert, aber die Schwankungen sind nicht groß. Wird nun der Krystallschnitt von einem Lichtbündel von der Winkelöffnung r beleuchtet, so ist für $r = 0$ die Lichtstärke des durchgelassenen Lichtes gleich Null, wächst mit r, bis dieses gleich ist dem Radius des ersten hellen Ringes und bleibt für größer werdende r annähernd constant. Der Unterschied in dem Verhalten der ein- und zweiaxigen Krystalle liegt darin, daß die Radien des ersten hellen Ringes in beiden Fällen verschieden sind. Für einen zweiaxigen Krystall ist dieser Radius des ersten hellen Ringes $\Phi_z = \dfrac{\frac{1}{2}k}{\sin 2V}$, für einen einaxigen aber $\Phi_e = \sqrt{\tfrac{1}{2}k}$; es

Aragonit:		Kalkspat:	
α	1,5301	ω	1,6585
β	1,6816	ε	1,4863
γ	1,6859		
$2V$	17° 50′		
$\gamma - \alpha$	0,1558	$\omega - \varepsilon$	0,1722
log k	7,58012	log k	7,46201

Radien der

hellen	dunklen	hellen	dunklen Ringe:
0° 36′		3° 37′	
	1° 12′		5° 7′
1 48		6 17	
	2 24		7 15
3 0		8 7	
	3 36		8 54

ist Φ_e viel größer als Φ_z, wenn k in beiden Fällen annähernd gleich ist (gleiche Doppelbrechung; gleiche Dicke der Krystallplatten); k ist für gewöhnlich sehr klein. Dieses Verhalten wird für eine Aragonit- und für eine Kalkspatplatte von der Dicke 1 mm und für $\lambda = 589\ \mu\mu$ durchgerechnet (s. Tabelle S. 85 unten).

Der Grund, daß die eingangs erwähnte Erscheinung bei einaxigen Krystallen gewöhnlich nicht beobachtet wird, liegt darin, daß bei der einaxigen Interferenzfigur der erste helle Ring um die Axe im allgemeinen viel weiter ist als bei der zweiaxigen Figur. Unter geeigneten Bedingungen aber kann man die Erscheinung auch bei einaxigen Krystallen wahrnehmen, was der Verf. an der Kalkspatplatte zeigt.

Für den Fall, daß nicht monochromatisches, sondern weißes Licht benutzt wird, wird noch bemerkt:

1) Die Größe der Ringe der Interferenzfigur wächst mit der Wellenlänge des Lichtes. Der Mittelwert der Lichtstärke für ein Strahlenbüschel, das concentrisch mit der Axe ist, hängt deshalb von der Wellenlänge ab. Ist der Querschnitt des Lichtbüschels nur gering, so ist demnach die Beleuchtungsstärke pro Flächeneinheit um so kleiner, je größer die Wellenlänge des benutzten Lichtes ist; es ändert sich also die Lichtstärke mit der Farbe.

2) Bei zweiaxigen Krystallen macht es die Dispersion der Axen unmöglich, ein Strahlenbüschel um eine Axe für Licht von mehr als einer Wellenlänge zu centrieren. In weißem Lichte, welches zu einer optischen Axe angenähert parallel ist, zeigt ein Krystall unreine Interferenzfarben.

Ref.: K. Stöckl.

23. F. J. Metzger und **M. Heidelberger** (in New York): **Die volumetrische Bestimmung des Cers in Cerit und Monazit** (Journ. of the Americ. Chem. Soc. 1910, 32, 642—644).

Bei der angewandten Methode wird die schwefelsaure Lösung durch wismuthsaures Natrium zu Cerisalz oxydiert. Dieses wirkt dann oxydierend auf eine bestimmte Menge Ferrosulfat; ein zugesetzter Überschuß wird schließlich mit Kaliumpermanganat zurücktitriert. Monazit von verschiedenem Vorkommen und in verschiedenen Proben ergab hierbei folgende Procente CeO_2:

Brasilien	22,56	24,01	28,74
Nordkarolina	21,99	20,47	22,54

Ein Cerit unbekannten Fundortes ergab: 22,01 % CeO_2.

Ref.: B. Goßner.

24. T. Crook und **G. S. Blake** (in London): **Über Carnotit und über die mit ihm vergesellschafteten Mineralien aus Süd-Australien** (Min. Mag. 1910, 15, 271—284).

Ein radioactiver Erzgang von Radium Hill, bei Olary, Süd-Australien, besteht aus einem Gemenge von Ilmenit, Magnetit, Rutil, Carnotit und einem nicht sicher bestimmbaren Mineral, welches wahrscheinlich ein Ceriumsilicotitanat und mit dem Tscheffkinit identisch ist.

Der Carnotit tritt in Form eines gelben Pulvers auf, welches aber deutlich krystallinisch ist. Unter dem Mikroskop erkennt man rhombische Tafeln, der spitze Winkel der Rhomben beträgt 78°. Die Krystalle sind optisch negativ,

die optische Axenebene ist zu der kürzeren Diagonale der Rhombenflächen parallel, senkrecht zu diesen Flächen tritt die spitze Bisectrix $\mathfrak{a}$ aus; $2E$ ca. 90°. Die Doppelbrechung ändert sich von Stelle zu Stelle unregelmäßig. Pleochroïsmus deutlich: $\mathfrak{c} = \mathfrak{b}$ (gelb) $>$ $\mathfrak{a}$ (farblos). Die chemische Analyse des geglühten und in Salpetersäure aufgelösten Pulvers ergab die unter I. zusammengestellten Werte. Unter der Annahme, daß die Thonerde und das Eisenoxyd als Verunreinigungen zu betrachten sind, und durch Berücksichtigung des Wassergehaltes ergeben sich die Zahlen unter II.

	I.	II.
U_3O_8	47,8	60,8
V_2O_5	16,8	21,4
P_2O_5	Spur	Spur
CaO	1,0	1,3
MgO	Spur	Spur
K_2O	5,2	6,6
Na_2O	1,8	2,3
PbO	1,3	1,7
(Al_2O_3)	(5,7)	—
(Fe_2O_3)	(19,4)	—
H_2O	—	5,0
	99,0	99,1

Es liegt hier also ein wasserhaltiges Uranium-Kaliumvanadat vor, wie es von Friedel und Cumenge angegeben wurde. Aus dem chemischen sowie aus dem physikalischen Verhalten des untersuchten Carnotits geht hervor, daß es sich hier um ein gut definiertes Mineral handelt; nach der Anschauung der Verf. ist es dem Autunit verwandt.

Der Carnotit aus Colorado ist ebenfalls rhombisch und anscheinend mit dem australischen, trotz mancher Unterschiede in der Ausbildung, identisch.

Ref.: St. Kreutz.

25. A. Russel (in Reading): **Über das Vorkommen von Carminit in Cornwall** (Min. Mag. 1910, 15, 285—287).

Der rote Carminit, ein seltenes Mineral, ist ein Eisen-Blei-Arseniat; es wurde von F. Sandberger von Horhausen beschrieben. Der Verf. fand dieses Mineral in der Grube Hingston Down Consols, Calstock in Cornwall, als Büschel und Überzüge auf Skorodit, Quarz, Mimetesit, Chalkopyrit und Blende. Der Mimetesit bildet kleine farblose Krystalle: $c\{0001\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $a\{11\bar{2}0\}$, $x\{10\bar{1}1\}$.

Folgende Mineralien wurden noch als Begleiter beobachtet; derber Mißpickel, Covellin, Pharmakosiderit, Anglesit und Flußspat.

Der Brechungsindex des Carminits ist größer als 1,74, die Doppelbrechung ist stark, optisch (+).

Ref.: St. Kreutz.

26. F. N. A. Fleischmann (in London): **Über das Vorkommen von Gyrolith im Antrim County** (Ebenda 288—293).

Der Verf. beschreibt eine Anzahl neuer Gyrolithvorkommen aus der Umgebung von Belfast, Nord-Irland. Der Gyrolith aus Cat Carn, Legoniel, bildet in den Hohlräumen eines Olivinbasaltes sphärische Aggregate; er ist optisch einaxig negativ, stark doppeltbrechend; spec. Gewicht = 2,35—2.40.

Es konnte keine gesetzmäßig sich wiederholende Ausscheidungsfolge erkannt werden; der Gyrolith ist gewöhnlich älter als der secundäre Thomsonit; Apophyllit ist teils älter, teils jünger. Im allgemeinen hat sich Faroelith als erster ausgeschieden. Die chemische Zusammensetzung des Gyroliths stimmt gut mit der der Gyrolithe aus anderen Vorkommen überein. (Vergleiche hierüber eine ausführliche Untersuchung von F. Cornu † und A. Himmelbauer, Ref. diese Zeitschr. 1910, **47**, 202.) In den Hohlräumen des Basaltes von Collinward kommt Gyrolith zusammen mit Apophyllit, Thomsonit, Mesolith, Analcim, Saponit, Chabasit und Calcit vor. Es ließ sich hier keine bestimmte Ausscheidungsfolge feststellen.

Ref.: St. Kreutz.

27. G. Stafford (in London): **Über die Gattung Pilolith nebst einer Untersuchung des chinesischen Piloliths** (Min. Mag. 1910, **15**, 294—298).

Ein weißes, asbestähnliches, aus der chinesischen Provinz Süchwan stammendes Mineral, welches sich angeblich längs des Yangtse-Kiangflusses von Sui-fu bis Huili-chou vorfindet, erwies sich bei näherer Untersuchung als Pilolith. Das Mineral zeigt gerade Auslöschung und hat einen Brechungsindex von ca. 1,5.

	Chem. Analyse:	Mol.-Verhältnisse:
SiO_2	54,94	6,28
Al_2O	14,83	1,00
MnO	Spuren	—
FeO	0,55	1,92
MgO	10,94	
(H_2O bei 100°)	(6,06)	—
H_2O (Glühverlust)	18,12	6,94
	99,38	

Formel: $6SiO_2 . Al_2O_3 . 2MgO . 7H_2O = Al_2O_3 . 2SiO_2 + 2(MgO . 2SiO_2) + 7H_2O$.

Es ist bemerkenswert, daß das bei 100° vertriebene Wasser nach einigen Tagen wieder in genau derselben Menge adsorbiert wird.

Die Analysen der Pilolithe aus verschiedenen Fundorten stimmen nicht überein und ihre Zusammensetzung wird durch verschiedene Formeln ausgedrückt; der Verf. schlägt daher vor, den Begriff Pilolith entsprechend zu erweitern.

Ref.: St. Kreutz.

28. J. B. Scrivenor (in Kuala Lumpur, Malay States): **Über das Vorkommen von gediegen Kupfer und Zinnerz in den Malayischen Staaten** (Ebenda 299—301).

Es wird ein Zinnerzvorkommen beschrieben, welches besonders dadurch bemerkenswert erscheint, daß als Begleiter des Kassiterits scharf ausgebildete, manchmal verzwillingte Krystalle gediegenen Kupfers vorhanden sind.

Das Zinnerz wird aus stellenweise zersetzten Schiefern gewonnen; durch Puddeln wird ein kassiteritreicher Sand erhalten; Zirkon, Pyrit, Arsenopyrit, Turmalin und Monazit wurden als Begleitmineralien erkannt. Der Verf. vermutet, daß sich die Kupferkrystalle, wegen ihrer scharfen Ausbildung, durch Reduction einer Kupfersalzlösung »in situ« gebildet haben.

Ref.: St. Kreutz.

29. L. J. Spencer (in London): **Über ein Vorkommen von Alstonit und Ullmanit (einer für England neuen Mineralgattung) auf Baryt-Witherit-gängen in New Brancepeth Colliery bei Durham** (Min. Mag. 1910, **15**, 302 bis 311).

In einem stellenweise bis zu 16 Fuß Breite anschwellenden Barytgang, welcher Sandsteinschichten und Kohlenflötze durchquert und seit einigen Jahren intensiv abgebaut wird, hat der Verf. folgende neue Mineralgattungen entdeckt:

1. Alstonit. Die Ausscheidungsfolge war folgende: 1) Baryt, 2) Witherit, 3) Alstonit. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Alstonit durch Einwirkung des schon nach der Bildung des Witherits eingedrungenen kohlensauren calciumhaltigen Wassers auf Baryt entstanden ist.

Die Krystalle des Alstonits erscheinen als spitze hexagonale Bipyramiden, deren jede Fläche aus zwei Teilen, welche einen einspringenden Winkel von $2^0 26'$ bilden, besteht. Die Flächen sind gestreift, ähnlich wie an Krystallen aus Brownley Hill (der Verf. rectificiert den Namen dieses Fundortes, welcher irrtümlicherweise Bromley Hill geschrieben wurde) und Fallowfield. Die Winkel der Flächen der hexagonalen Bipyramide sind: um die Horizontalkante gemessen: 50^0—52^0, um den Gipfel: $129\frac{1}{2}^0$—$131\frac{1}{2}^0$, der Polkantenwinkel; $51\frac{1}{2}^0$—$53\frac{1}{2}^0$.

An einer zur Hauptaxe senkrechten Platte sieht man Sectorenteilung. Die Lage der optischen Axen ist variabel, an manchen Stellen || zu den Hexagonseiten, an anderen unter 30^0 zu ihnen geneigt.

Doppelbrechung: (—), stark, $2E =$ ca. 10^0. Spec. Gewicht: 3,67.

Chemische Analyse: BaO 52,3, CaO 18,8, MnO 0,06; die Zahlen entsprechen: 67,3 $BaCO_3$, 32,1 $CaCO_3$, 0,1 $MnCO_3$ (0,2 $BaSO_4$); Summa: 99,7.

Hieraus ergibt sich die Formel: $BaCO_3 . CaCO_3$.

(Die Tatsache, daß in den Alstonitkrystallen aus diesem neuen Fundort das Verhältnis von $Ba : Ca = 1 : 1$ ist, ist für die Frage, ob hier ein Doppelsalz oder eine isomorphe Mischung vorliegt, wichtig. Vergleiche hierzu u. a. diese Zeitschr. Ref. **50**, 656. Der Ref.)

2. Ullmanit. a) Kubische Tracht. Große, hauptsächlich durch Würfelflächen begrenzte Krystalle sind mit Galenit, Witherit, Baryt und Pyrit im Thon eingeschlossen. Außer {100} wurden noch {210} und {110} als schmale Flächen beobachtet. Die Würfelflächen sind parallel den abwechselnden Kanten gerieft.

Der Ullmanit ist mit Galenit gesetzmäßig verwachsen, die Spaltflächen liegen in beiden Mineralien parallel; die Äquiv.-Volumina der beiden Körper sind sehr ähnlich: Ullmanit $V = 31,5$, Galenit $V = 31,9$.

Die chemische Untersuchung führt zu der Formel: $NiSbS$. Spec. Gewicht: 6,70.

b) Oktaëdrische Tracht. Um massigen Baryt gruppieren sich, zusammen mit Zinkblende kleine Adern bildend, kleine oktaëdrische Ullmanitkrystalle, welche manchmal eine deutlich tetraëdrische Ausbildung annehmen. In der Flächenbeschaffenheit der beiden Tetraëder konnte aber kein Unterschied bemerkt werden.

3. Baryt. In den Hohlräumen im massigen Baryt findet man vollkommen farblose, gewöhnlich tafelförmige, seltener prismatische Krystalle. Es wurden vom Verf. folgende Formen beobachtet: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{011\}$, $l\{104\}$, $d\{102\}$, $r\{111\}$, ferner $w\{106\}$, $y\{122\}$, $\mu\{124\}$, $n\{120\}$.

4. Witherit. Strahlige Gebilde, deren Kern meistens aus Baryt besteht. In den Hohlräumen sitzen linsenförmige, pyramidale und prismatische Krystalle, welche folgende Formen zeigen: $i\{021\}$, $k\{011\}$, $x\{012\}$, $c\{001\}$.

Senkrecht zur verticalen Axe geschliffene Platten zerfallen in sechs Sectoren, es sind aber auch zahlreiche Zwillingslamellen vorhanden. $2E_a = 25^0$.

Die Entstehung des Witherits ist wahrscheinlich der Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers auf Baryt zuzuschreiben.

Es wurden ferner noch folgende Mineralien beobachtet: 5. Galenit, 6. Zinkblende, 7. Kupferkies, 8. Pyrit und 9. aus Kupferkies entstandener Melanterit.

Ref.: St. Kreutz.

30. G. T. Prior (in London): **Über einen Meteorstein aus Sismondium, Cape Colony** (Min. Mag. 1910, **15**, 312—314).

Der Aërolith besteht hauptsächlich aus Enstatit, Olivin, Feldspat (Labradorit-Anorthit), Magnetit und Nickel-Eisen.

Chemische Analyse des Olivins ergab: SiO_2 39,22, Fe_2O_3 2,59, FeO 8,26, NiO 0,0 MnO 0,0, MgO 48,79, H_2O 0,47; Summe: 99,33.

Ref.: St. Kreutz.

31. H. L. Bowman (in Oxford) und **H. E. Clarke** (in New Castle on Tyne, früher in Oxford): **Über die Structur und Zusammensetzung des Meteoriten von Chandakapur** (Ebenda 350—370).

Als Hauptbestandteile wurden erkannt: Olivin, verschiedene Pyroxenarten, wahrscheinlich Feldspat, Nickel-Eisen und andere opake Körper. Unter den Pyroxenen lassen sich folgende Arten unterscheiden:

α) Faserige, schwach doppeltbrechende, typische rhombische Pyroxene.

β) Ähnliche, aber in verschiedenen Teilen nicht gleichzeitig auslöschende Krystalle.

γ) Lamellare, an Plagioklaszwillinge erinnernde Zwillingsgebilde, welche genau dieselben Begrenzungselemente zeigen, wie die Krystalle *α*) und *β*).

Es scheint, daß alle drei Arten *α*), *β*) und *γ*) nur verschiedene Ausbildungsarten desselben Körpers sind; die Krystalle *α*) wären ebenfalls Zwillinge, nur wäre hier die Zwillingslamellierung viel feiner als in den Arten *γ*) und *β*).

Aus der chemischen Analyse ergibt sich, daß es sich hier um einen eisenarmen Bronzit handelt. Analoge, fein verzwillingte Pyroxene wurden von Fouqué und Michel-Lévy aus den Meteoriten von Rittersgrün und Sarbanovac beschrieben, sie wurden auch von Ebelmen und Meunier bei der Darstellung eines »Meteoriten« künstlich erhalten.

Die Trennung der einzelnen Bestandteile geschah nach einer von L. Fletcher ausgearbeiteten Methode, welche die mineralogische Zusammensetzung des Meteorits zu erkennen gestattet. Sie besteht in folgenden Operationen: 1) Trennung der magnetischen und der nicht magnetischen Teile und nachherige Behandlung der beiden Portionen mit einer Quecksilberchloridlösung bei Sauerstoffabschluß, wodurch die metallischen Bestandteile extrahiert werden. 2) Reduction des Magnetits, der Sulphide, Phosphide usw. zu Metallen durch Glühen in Wasserstoffatmosphäre; die so erhaltenen Metalle werden nachher mit Quecksilberchloridlösung extrahiert.

3) Durch zweckmäßige Einwirkung von HCl wird der Olivin zersetzt und so von den Feldspäten und Pyroxenen getrennt. 4) Analyse des Restes.

Nach diesem Verfahren wurden folgende Gewichtsverhältnisse gefunden: Metallegierungen 5,80, Troïlit 4,92, Schreibersit 1,06, Chromit 0,51, Magnetit 0,30, Olivin 53,47, Pyroxene und Feldspäte 33,89; Summe: 99,95.

Ref.: St. Kreutz.

32. A. Russel (in Reading): **Notiz über das Vorkommen der Zeolithe in Cornwall und Devonshire** (Min. Mag. 1910, **15**, 377—384).

Heulandit von Wheal Forest, Okehampton, Devon: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $t\{201\}$, $s\{\bar{2}01\}$. Spec. Gewicht 2,16.

Ganz ähnliche Krystalle wurden vom Verf. auch in der Grube Carrick Du, St. Ives in Cornwall, gefunden. Aus dieser Grube wurde früher Kupfer und Zinn gewonnen. Am Heulandit aus der Grube Ramsley, South Tawton in Devonshire, ist die Form $t\{201\}$ vorherrschend.

Stilbit. In den Hohlräumen des Pegmatitgranits im Steinbruch Calcerrow, Luxullian in Cornwall, findet man Stilbit neben Apatit, Turmalin, Quarz, Gilbertit, Orthoklas. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $f\{\bar{1}01\}$.

Chabasitrhomboëder $r\{10\bar{1}1\}$ wurden in demselben Steinbruch unter ähnlichen Verhältnissen gefunden. Der Verf. beschreibt auch einfache Krystalle und Zwillinge des Chabasits aus der Grube Ramsley, South Tawton, Devon. Beobachtete Formen: $r\{10\bar{1}1\}$, $e\{01\bar{1}2\}$, $s\{02\bar{2}1\}$.

Apophyllit wurde vom Verf. in Terrace Hill, Lostwithiel in Cornwall neben Granat, Calcit, Quarz, Blende, Galenit und Pyrit gefunden.

Ref.: St. Kreutz.

33. G. T. Prior (in London): **Analysen des Seligmannits, des zinkhaltigen Tennantits (Binnits) und des Fuchsits vom Lengenbach im Binnental** (Ebenda 385—387).

Die krystallographischen und physikalischen Eigenschaften des Seligmannits wurden von H. Baumhauer zuerst beschrieben, welcher eine nahe krystallographische Beziehung dieses Minerals zum Bournonit festgestellt hat.

Seligmannit: $a:b:c = 0,92804:1:0,87568$ (Baumhauer)
Bournonit: $a:b:c = 0,93798:1:0,89688$.

Auf Grund dieser Ähnlichkeit vermutete H. Baumhauer, daß dem Seligmannit folgende Formel zuzuschreiben ist: $Cu_2S.2PbS.As_2S_3$.

Der Verf. hat nun den Seligmannit chemisch untersucht und gibt folgende zwei Analysen an:

	I.	II.
Pb	46,34	48,83
Cu	13,09	10,51
Ag	0,11	0,23
Zn	0,27	—
Fe	0,06	0,80
As	16,88	16,94
Sb	0,64	0,71
S	21,73	22,01
	99,12	100,03

Spec. Gewicht: 5,48.

Nur die Analyse I. bezieht sich auf reines Material; sie führt tatsächlich auf die vorausgesagte Formel: $Cu_2S.2PbS.As_2S_3$. Somit sind Bournonit und Seligmannit isomorph.

2) Eine Analyse tetraëdrisch ausgebildeter Tennantitkrystalle von Lengenbach ergab folgende Zahlen: *Cu* 42,03, *Ag* 1,24, *Zn* 7,76, *Fe* 0,62, *As* 19,80, *S* 28,08; Summe: 99,53. Spec. Gewicht: 4,61.

Da sonst am Tennantit die Würfelflächen vorherrschen, so ist es möglich, daß die ungewöhnliche (tetraëdrische) Tracht der Krystalle mit dem bedeutenden Zinkgehalt in Zusammenhang zu bringen ist.

3) Fuchsitkrystalle aus demselben Steinbruch zeigen folgende Zusammensetzung: SiO_2 47,24, Al_2O_3 31,86, Cr_2O_3 0,87, FeO 0,56, CaO 0,58, MgO 2,91, K_2O 10,72, Na_2O 0,16, Li_2O 0,14; Glühverlust: 5,37; Summe: 100,41.

Ref.: St. Kreutz.

34. G. F. H. Smith (in London): **Anpassung der Camera lucida an das Goniometer** (Min. Mag. 1910, **15**, 388—389).

Der Verf. beschreibt eine Vorrichtung, welche gestattet, die durch schlecht ausgebildete Flächen reflectierten Lichtfiguren direct abzuzeichnen, auch Zeichnungen kleiner Krystalle während der Messung zu entwerfen.

Ref.: St. Kreutz.

35. J. W. Evans (in London): **Zwillingsebenen und Kreuzebenen** (Ebenda 390—397).

Eine zusammenfassende Behandlung und Erläuterung der bei der Zwillingsbildung in Betracht kommenden Begriffe und Gesetzmäßigkeiten.

Ref.: St. Kreutz.

36. Derselbe: Symmetrieaxen und krystallographische Klassen (Ebenda 398—400).

Der Verf. gibt eine Zusammenstellung der 32 Symmetrieklassen, deren Einteilung auf die »colineare cyklische Zahl« der Symmetrieaxen basiert. Solche Axen werden als »codirectional« und »contradirectional« bezeichnet, je nachdem sie n-zähligen Axen erster oder zweiter Art entsprechen.

Ref.: St. Kreutz.

37. Derselbe: Eine Modification der stereographischen Projection (Ebenda 401—402).

Zwei parallele Ebenen werden nach dem Vorschlag des Verfs. in der stereographischen Projection durch einen einfachen Punkt dargestellt, wenn sie gleichwertigen Krystallflächen entsprechen; ist die Gegenfläche nicht gleichwertig, so werden die auf der oberen Halbkugel liegenden Pole durch ein Plus (+), auf der unteren durch ein Minuszeichen (—) bezeichnet.

Ref.: St. Kreutz.

38. S. J. Shand (in Edinburg): **Über eine Gruppe von Mineralien, die sich während eines Brandes der pyrithaltigen Halden in Midlothian gebildet hat** (Min. Mag. 1910, **15**, 403—406).

Während eines Brandes der Halden, welcher offenbar durch Selbstentzündung, als Wirkung der bei Oxydation der Eisenpyrite entwickelten Wärme, entstanden ist, haben sich folgende Körper gebildet:

Schwefel. Es sind, außer Krustenbildungen auch kleine Krystalle vorhanden, welche gewöhnlich nur die Form {111}, manchmal aber in Combination mit {001}, {011} und {101} zeigen.

Salmiak als Krustenbildung, seltener in Rhombendodekaëdern. Durchdringungszwillinge nach {111} sind in der Richtung der trigonalen Axe verzerrt. Der größte Krystall hat beinahe 1 mm Durchmesser.

Ammonium-Alaun (nach Christie).

Ammonium-Sulfat. Die chemische Analyse der porösen weißen Masse ergab: Al_2O_3 20,44, Fe_2O_3 10,75, CaO 1,08, SO_3 67,91; Summe: 100,00; dies führt zu folgenden Zahlen: $Al_2(SO_4)_3$ 68,13, $Fe_2(SO_4)_3$ 26,28, $CaSO_4$ 2,62, H_2SO_4 2,97. Die Substanz ist wasserhaltig, es soll sich aber auch wasserfreies Material vorfinden. Der Säureüberschuß macht es wahrscheinlich, daß das Aluminium als normales Sulfat gebunden ist; dieser Schluß wird durch die leichte Löslichkeit der Substanz in reinem Wasser bekräftigt. Der Verf. vermutet, daß die weiße Substanz ursprünglich ein unreiner Halotrichit war, welcher durch die Wärmewirkung entwässert wurde. Auf diese Ansicht sich stützend, betrachtet der Verf. das wasserfreie Aluminiumsulfat als ein neues Mineral.

Ref.: St. Kreutz.

39. W. F. P. M'Lintock (in London): **Über Datolith aus Lizard, Cornwall** (Ebenda 407—414).

An der Berührungsgrenze des Serpentins von Lizard und eines Feldspat-Enstatitgesteines, welches in einen Hornblendeschiefer metamorphosiert wurde, treten zahlreiche Datolithadern auf, in welchen nicht selten Geoden mit schönen Krystallen anzutreffen sind.

Die mitvorkommenden weingelben Calcitkrystalle zeigen die einfache Form: {02$\bar{2}$1}, Kupferkies ist hier und da eingestreut; kleine Natrolithnadeln: {100}, {010}, {110} sitzen auf dem Datolith.

Folgende Formen wurden an den Datolithkrystallen beobachtet: c{001}, a{100}, m{110}, m_x{011}, g{012}, n{111}, ε{$\bar{1}$12}, ξ{$\bar{1}$02}, x{102}, λ{$\bar{1}$13}, γ{312}, β{121}, Φ{211}. Die Prismenflächen {110} sind gut ausgebildet, die gewöhnlich breite Basisfläche ist parallel zur Combinationskante mit {$\bar{1}$12} gerieft.

Optische Eigenschaften: Axenebene ∥ {010}, die spitze Bisectrix beinahe senkrecht zu a{100}.

Brechungsindices für gelbes Licht, mit dem Totalreflectometer bestimmt:

$$\alpha = 1{,}626(0), \quad \beta = 1{,}653(2), \quad \gamma = 1{,}670(2).$$

Benutzt man zur Bestimmung das durch die Flächen (110) und ($\bar{1}$10) gebildete Prisma, so erhält man:

$$\beta' = 1{,}6530, \quad \gamma' = 1{,}6706.$$

Axenwinkel in Öl ($n = 1{,}6038$):

$$2H_a = 76^0 58', \quad 2H_o = 110^0 36'.$$
$$\text{woraus: } 2V_a = 74\ 16 \quad 2V_o = 105\ 30$$

Chemische Analyse:		
	SiO_2	37,45
	CaO	34,67
	$(Fe, Al)_2O_3$	0,57
	B_2O_3	21,87
	H_2O	5,67
		100,23

Diese Zahlen entsprechen der Formel: $HCaBSiO_5$.

Spec. Gewicht 3,001 (bei 14° C.).

Unter der aus krystallinischem Datolith bestehenden Rinde sieht man oft kleine kugelförmige Gebilde, welche aus faserigem Datolith bestehen und als Botryolith bezeichnet werden. Der Cornwaller Botryolith unterscheidet sich aber von dem Norwegischen, da in jenem die optische Axenebene senkrecht zur Fasernrichtung liegt, die Längsrichtung der Fasern also der krystallographischen b-Axe entspricht, in dem Cornwaller dagegen die Fasernrichtung mit der krystallographischen Axe a, seltener mit der Axe c zusammenfällt; die optische Axenebene liegt hier parallel der Längsrichtung der Krystallindividuen.

Ref.: St. Kreutz.

40. R. G. Strutt (in London): **Notiz über spontane Luminescenz eines Uranium-Minerals** (Proceedings of the Royal Society of London Ser. A, 1910, **83**, 70—71).

Der Verf. beobachtete eine deutliche Luminescenz des Portugiesischen Autunits; sie ist als unter dem Einfluß der eigenen Radioactivität entstandene Fluorescenz zu betrachten.

Ref.: St. Kreutz.

41. W. Rosenhain und **J. C. W. Humphrey** (in London): **Über die krystallinische Structur des Eisens bei hohen Temperaturen** (Ebenda 200 bis 209).

Schon durch frühere Untersuchungen wurde erwiesen, daß die innere Structur der Metalle eine krystallinische ist und daß plastische Deformationen auf mechanische Zwillingsbildung oder auf kleine Verschiebungen nach den Gleitflächen zurückzuführen sind.

Nun untersuchen die Verff. das Verhalten des Eisens unter Zug bei höherer Temperatur.

Die Experimente wurden so ausgeführt, daß sehr fein polierte Eisenstücke in hohem Vacuum bei Rotglut einer mechanischen Spannung unterzogen wurden. Auf glatter Oberfläche bilden sich unter solchen Bedingungen Linien, welche die Grenzen der sich berührenden Krystallindividuen bezeichnen. Es ergaben sich dabei folgende Resultate:

1) Das Verhalten des Eisens bei einer Temperatur über 1000° C. läßt erkennen, daß hier ein Aggregat von Krystallen vorliegt; plastische Deforma-

tionen bestehen in längs der Spalt- und Gleitflächen stattfindenden Verschiebungen.

2) Zwischen der gewöhnlichen Temperatur und 1000° C. existieren (unter gewöhnlichem Drucke) drei Modificationen des Eisens. Die für sie charakteristischen Temperaturbereiche sind mit den für das α-, β- und γ-Eisen von Osmond und Roberts-Austen bestimmten identisch.

3) Die Modification β ist härter als α, trotzdem sie bei höherer Temperatur stabil ist.

Ref.: St. Kreutz.

42. Lord Rayleigh (in London): **Über die Regelmäßigkeit der Structur der Krystalle** (Phil. Mag. 1910, **19**, Ser. 6, 96—99).

Der Verf. beschäftigt sich mit der Frage, mit welcher Genauigkeit die mathematischen Gesetzmäßigkeiten tatsächlich an Krystallen realisiert sind.

Es ist bekannt, daß die Krystallflächen nur die Tendenz eben zu sein bekunden, in Wirklichkeit aber mehr oder weniger uneben sind, wie sich dies durch irgend eine optische Probe nachweisen läßt; diese Abweichungen von der Gesetzmäßigkeit lassen sich leicht durch äußere Krystallisationsbedingungen erklären.

Weit mehr scheinen zu einer solchen Untersuchung die Spaltflächen eines gut spaltbaren Minerals, z. B. des Glimmers, geeignet zu sein und der Verf. untersuchte die Dicke dünner Glimmerplatten an verschiedenen Stellen.

Eine angenäherte Prüfung der Ebenheit einer solchen dünnen Glimmerplatte kann durch Beobachtung der Reflexionserscheinungen der unter verschiedenen Winkeln einfallenden *Na*-Strahlen vorgenommen werden. Viel genauer wird dies auf folgende Weise erreicht: Eine möglichst ebene Glimmerplatte wurde in zwei annähernd gleiche Teile geteilt und deren relative Dicke durch Bestimmung der relativen Flächeninhalte ihrer Begrenzungsflächen und ihres relativen Gewichtes erschlossen.

Die angewandte Methode gründet sich also nur auf Bestimmung der Differenzen. Die wirkliche Dicke kann durch Berücksichtigung des specifischen Gewichtes erschlossen werden.

Es ergab sich, daß der Unterschied in der Dicke der beiden Teile der Glimmerplatte nur etwas mehr als 0,000025 mm beträgt, woraus man auf die sehr große Ebenheit der Spaltfläche schließen kann. Der gefundene Unterschied kann durch ungleiche Beschaffenheit der Begrenzungsflächen (Risse usw.) erklärt werden, und es ist kein Anlaß vorhanden zu zweifeln, daß die Spaltflächen hier genau so eben sind, wie es eine molekulare Structurschicht sein müßte.

Ref.: St. Kreutz.

43. J. W. Waters (in London): **Radioactive Mineralien in Gesteinen** (Ebenda 903—904).

Im Granit aus Dalbeattie concentriert sich die Radioactivität im Allanit.

Im tertiären Granit aus den Mourne Mountains ist am stärksten radioactiv der Zirkon, welchem ein Titanmineral beigemischt ist.

Ref.: St. Kreutz.

44. Fr. Soddy und **Ruth Pirret** (in Glasgow): **Das Verhältnis zwischen Uran und Radium in Mineralien** (Phil. Mag. 1910, **20**, 345—349).

Das Verhältnis von Uran zum Radium ist im untersuchten Thorianit und in der Pechblende sehr ähnlich, im Autunit aber ist die betreffende Zahl viel kleiner. Der Radiumgehalt des Autunits ist nicht constant, der portugiesische Autunit hat nur etwas mehr als die Hälfte des Radiumgehaltes des französischen Minerals.

Diese Schwankungen erklären sich durch den Umstand, daß es sich hier um ein relativ junges Mineral handelt, in welchem die Serie Radium-Uranium noch nicht im Gleichgewicht ist.

Ref.: St. Kreutz.

IX. Die ersten Resultate des Studiums der Tabellen zur krystallochemischen Analyse.

Von

E. von Fedorow in St. Petersburg.

In der Arbeit »Die chemischen Analogien der ihrer Krystallform nach dem Kaliumsulfat nahestehenden Substanzen« (vor. Heft, S. 11), habe ich einige Schlußfolgerungen besprochen, welche aus dem angeführten Material zu entnehmen wären, aber zugleich darauf hingewiesen, daß für solche Schlußfolgerungen das dazu gesammelte Material durchaus nicht hinreichend ist. Somit nahm ich Bezug auf ein reicheres weiteres Material, welches teilweise in dieser Arbeit dargelegt wird[1]).

Die jetzige Arbeit hat also in erster Linie den Zweck, das bis jetzt gesammelte und in Ordnung gebrachte Material zusammenzufassen, um die ersten gemachten Schlußfolgerungen über die Verhältnisse zwischen dem chemischen Bestand und der Krystallform dadurch eingehender zu begründen.

Schon damals wurde darauf aufmerksam gemacht, daß den in der Krystallographie angenommenen Grundabteilungen nach Syngoniearten (früher wurde der ganz unbestimmte Begriff des Systems zugrunde gelegt) keine wesentliche Bedeutung zukommt, indem Substanzen von verschiedenen Syngoniearten in chemischer und krystallographischer Hinsicht einander sehr nahe stehen können.

Jetzt nehme ich Bezug auf ein etwas umfangreicheres Material.

Öfters wird angenommen sein, daß die respectiven Verbindungen von K und NH_4 isomorph sind; es wäre also im besonderen auch der Isomorphismus der Salze JO_3K und JO_3NH_4 zu erwarten; dem ist aber nicht

1) Die Tabellen zur krystallochemischen Analyse, aus welchen das ganze Material entnommen ist, befinden sich im Drucke in »Mémoires de l'Acad. Imp. de Scienc. à St. Pétersbourg«. Bei der Bearbeitung dieses Materials wurden u. a. Fälle angetroffen, in welchen als verschieden beschriebene Substanzen sich als identisch erwiesen. Vergl. diese Zeitschr. **50**, 573, auch Annalen des Berg-Instituts zu St. Petersburg **4**, 65 und **3**, 397. Über die wirkliche Identität der am letzteren Ort erwähnten Substanzen habe ich die gütige briefliche Bestätigung von Herrn v. Groth erhalten, welcher darüber bei Herrn Anschütz brieflich angefragt hat. Ich spreche dafür Herrn v. Groth meinen verbindlichsten Dank aus.

so, da das erstere durch $\overset{4h;\,\pm 1}{\underset{-0}{55}}$ und das zweite durch $\overset{4h}{\underset{-0}{55}}$ ausgedrückt wird; trotzdem stehen die beiden in chemischer, wie in krystallographischer Beziehung einander sehr nahe; die Zugehörigkeit zu verschiedenen Syngoniearten erweist sich also als nebensächlich.

In Anbetracht der analogen Rolle von O und S hätte man erwarten können, daß die Substanzen von der Zusammensetzung $NCSK$ und $NCOK$ einander sehr nahe stehen würden; in der Tat ist die erste tetragonal und durch $\overset{4o}{49^0 30'}$, und die zweite rhombisch und wird durch $\overset{4o}{\underset{-1}{48}}$ ausgedrückt; beiden kommt auch $NCSTl$ sehr nahe, indem sein Complex durch $\overset{4o}{48^0 12'}$ zum Ausdruck kommt.

Wie am angegebenen Ort dargetan, hat der Begriff des Isomorphismus keine absolute Bedeutung: als isomorph treten Substanzen auf, welche nur in bezug auf ihre Krystallform und andere physikalische Eigenschaften einander näher stehen, als die übrigen; es gibt keine absolute Grenze für die Glieder der isomorphen Reihen; diese Grenze steht der Begutachtung des Forschers frei.

Ich will nun Beispiele solcher Substanzgruppen anführen, für welche zweifellos große Annäherung besteht; aber die Grenzen einer Syngonieart überschritten werden.

Zuerst betrachte ich die Gruppe $(XO_3)_2M.H_2O$, wo

$$X = Cl\ \ Br\ \ Cl\ \ Br$$
$$M = Ba\ \ Ba\ \ Pb\ \ Pb.$$

Die Glieder dieser isomorphen Gruppe stehen einander sehr nahe, sind aber keineswegs in ihren Formen identisch, z. B. haben wir für das erste Glied den Ausdruck $\overset{4o;\,1}{\underset{-3}{49}}$ und für das dritte $\overset{4h;\,1}{\underset{-1}{50}}$ (die Abweichung übertrifft also 2^0).

Es ist aber die Substanz $(ClO_3)_2Sr$ bekannt, für welche das Symbol $\overset{4o}{\underset{-2}{49}}$ gültig ist, also mit sehr nahen Zahlen der Winkelwerte, aber nicht mehr monoklin, sondern rhombisch. Ob wir dieselbe mit den früheren für isomorph halten würden oder nicht, eine große Annäherung in den Formen kann nicht bestritten werden, sogar eine größere Annäherung an $(ClO_3)_2Ba.H_2O$, als es für die Glieder der isomorphen Gruppe der Fall ist.

In der Tat gibt es aber einen wesentlichen Grund, dieses Glied außerhalb der isomorphen Reihe zu stellen, und dieser Grund ist die abweichende

Combination, z. B. an dieser Substanz wurde niemals die Form $(1\bar{1}0)$ constatiert, welche als eine der beständigsten Formen der isomorphen Reihe auftritt; in Details wäre auch auf andere Abweichungsmerkmale Bezug zu nehmen.

Außer einer Annäherung in den Winkelwerten ist noch die Annäherung in den Combinationen (genauer gesagt, in der Formenentwickelung) in Erwägung zu ziehen; üblicherweise werden nur solche Substanzen als isomorphe angenommen, für welche große Annäherung in beiderlei Hinsicht statt hat.

In dem folgenden Beispiel haben wir den Ersatz von Rb durch NH_4, welche Radicale ebenfalls gewöhnlich für isomorph gehalten werden; aber in dem zu betrachtenden Fall tritt eine Complication ein dank der Aufnahme des Krystallisationswassers. Die betreffenden Salze der Oxalsäure sind $(C_2O_4)Co_2M_6$ mit 8 (resp. 6) H_2O; für das erste (Rb)-Salz ist das Symbol

4o   4o; +2· (welches ein Vertreter der größeren iso-
37· und für das zweite 37· morphen Gruppe ist mit beträchtlich
4   —0   abweichenden Gliedern).

Bei einer Abweichung nicht nur in den Winkelwerten, sondern sogar in der Syngonieart, treffen wir trotzdem fast identische Formentwickelung, also das Merkmal einer besonderen Annäherung.

Hier ist nochmals zu bemerken, wie nebensächlich der Unterschied in dem Gehalt an Krystallisationswasser erscheint.

In den oben angegebenen Beispielen haben wir große Annäherung bei Substanzen constatiert, welche einerseits tetragonaler und rhombischer, andererseits rhombischer und monokliner Syngonieart zugehören. Es können solche Verhältnisse sich auch auf den Fall der triklinen Syngonie erstrecken. Nehmen wir z. B. das Cs- resp. Rb-Salz des Platojodonitrits, also die Salze $(NO_2)_2J_2PtCs_2.2H_2O$ und $(NO_2)_2J_2PtRb_2.2H_2O$, so finden wir, daß für das

                 3o; +4   3o; +$\frac{1}{2}$ 2
erste das Symbol 50·   und für das zweite 51; +30 gilt. Bei beträcht-
                 +$\frac{1}{2}$ +3·

licher Annäherung in den Winkelwerten haben wir doch Zugehörigkeit zu verschiedenen Syngoniearten und zwar zur monoklinen einerseits, zur triklinen andererseits; dabei erscheint für beide die Formentwickelung ideell, und folglich identisch.

Als ein Beispiel der Substitution von K durch NH_4 mit gleichzeitiger Veränderung der Syngonieart, wären noch die Salze $Cr_3O_{10}(NH_4)_2$ und

                                                    4d[1])
$Cr_3O_{10}K_2$ anzuführen. Das erste wird durch das Symbol 69 und das
                                                    5·

[1]) Merwürdigerweise steht diesem Salze das Tetramethylammoniumdichromat

                                 4d
$Cr_2O_7(N.4CH_3)_2$ sehr nahe (Symbol 69), was, in Verbindung mit fast identischer Com-
                                 6

bination, diese Salze fast als isomorph zu betrachten erlaubt.

zweite durch $\overset{4d;0}{\underset{5}{67\cdot}}$ ausgedrückt; auch in der Combination stimmen die ersten Glieder der Formenentwickelung, also die Hauptformen, überein.

Als zweite Reihe von Beispielen empfiehlt es sich solche zu nehmen, in welchen die Haloïde zur gegenseitigen Substitution kommen. Hierzu sind z. B. die Thymochinone $C_6HO_2\overset{1}{CH_3}\overset{3}{Cl}\overset{4}{C_3H_7}$ und $C_6HO_2\overset{1}{CH_3}\overset{3}{Br}\overset{4}{C_3H_7}$ herbeizuziehen; der ersten Substanz kommt das Symbol $\overset{4d}{\underset{4}{75}}$, der zweiten $\overset{4d;+2}{\underset{3\cdot}{75}}$ zu. Der Hauptunterschied in der Combination besteht darin, daß an der zweiten Substanz die Form {111} nicht vertreten ist; derselben kommt aber die vierte Stelle in der Formentwickelung zu, während an der ersten Substanz die Form {100}, welcher die sechste Stelle zugehört, fehlt.

Das analoge haben wir auch für die beiden folgenden Paraacetylanilinverbindungen $C_6\overset{1}{H_4}(NH.C_2H_3O)\overset{4}{Cl}$ und $C_6\overset{1}{H_4}(NH.C_2H_3O)\overset{4}{Br}$; für die erste Substanz besteht das Symbol $\overset{6}{\underset{+3}{58\cdot}}$, für die zweite $\overset{6;0}{\underset{+2\cdot}{57\cdot}}$. Die Formentwickelung ist auch in diesem Fall für die beiden identisch, da dieselbe ideell verläuft; ein ganz nebensächlicher Unterschied besteht darin, daß an der ersten Substanz die Formen {0121} und {210$\bar{1}$} zur Beobachtung gekommen waren, während es für die zweite Substanz nicht der Fall ist.

Obgleich wir in der weiteren Darstellung noch sehr viele Beispiele dieser Art treffen werden, können vielleicht schon die angegebenen für hinreichend gehalten werden zur Begründung der angegebenen Schlußfolgerungen.

Jetzt gehe ich zur Hauptaufgabe dieser Arbeit über: Zusammenstellung des oben erwähnten krystallochemischen Materials, wie dasselbe bei der ersten Übersicht der abgefaßten Tabellen zustande kam.

Bei dieser Übersicht berücksichtige ich speciell diejenigen Substanzen, für welche die Annäherung in der Krystallform mit einer offenbaren Analogie in der chemischen Constitution verbunden ist; in dieser Vereinigung hoffte ich das lehrreichste Object für die ersten Schlußfolgerungen aufzufinden, da die Annäherung in den Winkelwerten für eine Übereinstimmung in den Raumverhältnissen der Molekel, d. h. für chemische Gleichgewichtsverhältnisse spricht.

Aus dem Dargelegten folgt deutlich, daß den Grenzen der Syngoniearten keine absolute Bedeutung zukommt, sodaß in geometrischer Hinsicht nur ein Factor von absoluter Wichtigkeit übrig bleibt — die Gleichheit der respectiven Winkelwerte.

Da das Material in verschiedener Hinsicht benutzt werden kann, so habe ich dasselbe in die gleiche Ordnung gebracht, wie dies für die abgefaßten Tabellen geschehen war, nur mit dem Unterschiede, daß hier auch die ideellen Krystalle nicht abgesondert werden, sondern mit den übrigen an ihren richtigen Platz gestellt wurden (da solche Abgrenzung in den jetzt im Drucke befindlichen Tabellen speciell aus praktischen Rücksichten der krystallochemischen Analyse vorgenommen wurde).

I. Die Krystalle des hypohexagonalen Typus.

1) 6 / 16 / 0

Butyramid $CH_3CH_2CH_2CONH_2$.

$010\bar{1}$ 1000 $110\bar{1}$ 0110 $032\bar{1}$

6 / 17 / —6·

Monoureïndioxybernsteinsäuredimethylester

$CO<\begin{matrix} NHC(OH).CO_2CH_3 \\ NHC(OH).CO_2CH_3 \end{matrix}$

$010\bar{1}$ 1000 0110 1121

---

2) 6 / 17· / +2·

Pyrrolinpikrat $C_4H_6NH.C_6H_2(NO_2)_3OH$.

0121 $010\bar{1}$ 0110 $021\bar{1}$ 1220 1110 $121\bar{1}$ —

6 / 17· / +2·

Manganopikrat und Ferropikrat

$\left.\begin{matrix} Mn \\ Fe \end{matrix}\right\} [C_6H_2(NO_2)_3O]_2 . 5H_2O$.

0121 $010\bar{1}$ 0110 $110\bar{1}$

---

3) 6 / 34·

Calciummetasilicat SiO_3Ca.

1000 0110 1110 — —

6 / 35° 30′

Cäsiumnitrat NO_3Cs.

1000 0110 1110 0121 2121 ...

---

4) 6; 6 / 33 / —3· / 6; +2· / 35 / —4·

Von diesen sind etwas abweichend:

Alamosit SiO_3Pb.

1000 0110 $010\bar{1}$ 0121 $110\bar{1}$ 1110 1121 1011

Teschemacherit $CO_3(NH_4)H$.

1000 0110 $010\bar{1}$ 0121 $110\bar{1}$ — 1121 —

---

5) 6 / 37 / $-\frac{1}{2}$

Diamin-Silbernitrat $[Ag(NH_3)_2]NO_3$.

$010\bar{1}$ 0110 $110\bar{1}$ —

6 / 37 / —1

Ammoniumtrichlorocadmiat $CdCl_3NH_4$.

$010\bar{1}$ 0110 $110\bar{1}$; $032\bar{1}$

---

6) 6; 0 / 37 / —1·

Isomorphe Gruppe $NH_3(C_2H_5)\left\{\begin{matrix} Cl \\ Br. \\ J \end{matrix}\right.$

0011 $\bar{1}011$ 1011 $010\bar{1}$ 0110 $021\bar{1}$ —

6 / 37 / —1

Ammoniumtrichlorocadmiat $CdCl_3NH_4$.

0011 — — $010\bar{1}$ 0110 — $11\bar{1}$

7) 6
37
—4

Strontiumtetracyanoplatinat $Pt(CN)_4Sr.5H_2O$.
0110 $010\bar{1}$ 0121 1011 — —

6; —2.
37
—4

Bleithiocyanat $Pb(NCS)_4Pb$.
0110 $010\bar{1}$ — — 1000 1110 ...

---

8) 6
37.
—1

Phosphorpentabromid PBr_5.
$010\bar{1}$ 0110 1110 — — —

6
39.
$+\frac{1}{2}$

Trimethyläthylendibromphosphonium $P(CH_3)_3(C_2H_4)Br_2$.
$010\bar{1}$ 0110 — 1000 0121 $232\bar{1}$

---

9) 6; +5
41
+2.

Dinitrotribromtoluol $C_6 \overset{6,4,2}{Br_3} \overset{5,3}{(NO_2)_2} \overset{1}{CH_3}$.
0110 $032\bar{1}$ 0121 $021\bar{1}$ $010\bar{1}$ 1000 $1\bar{1}2\bar{1}$

6; +5
41
+2.

Dinitrotribromtoluol $C_6 \overset{5,3,2}{Br_3} \overset{6,4}{(NO_2)_2} \overset{1}{CH_3}$.
0110 $032\bar{1}$ — — $010\bar{1}$ 1000 $1\bar{1}2\bar{1}$...

---

10) 6; —3
42
—1.

Isobromnitrodiphenyl $\begin{matrix} C_6H_4\overset{2}{NO_2} \\ \cdot \quad 4 \\ C_6H_4Br \end{matrix}$
$010\bar{1}$ 0110 1000 1011 —

6
43
—2.

2.4.2′.4′-Tetramethyldiphenyl $\begin{matrix} C_6H_3(CH_3)_2 \\ \cdot \\ C_6H_3(CH_3)_2 \end{matrix}$
— 0110 — — 1110

---

11) 6
+42°22′

Dicäsiumoxypentafluoroniobat $NbOF_5Cs_2$.
0110 1000 1110

6
+43°

Ammoniumhexafluorostannat $SnF_6(NH_4)_2$.
0110 1000 1110

---

12) 6
43
0

Olivingruppe SiO_4M_2 ($M = Mg, Ca, Mn, Fe$ ...).
$010\bar{1}$ 0110 1000 $110\bar{1}$ 1110 0121 $021\bar{1}$ $230\bar{3}$ —

6
43
0

Chrysoberyll BeO_4Al_2.
$010\bar{1}$ 0110 1000 $110\bar{1}$ 1110 — — — $232\bar{1}$...

---

13) 6; —10.
45.
+3

Aethylendiammonium-Zinkrhodanid
$Zn(SCN)\begin{matrix} CH_2NH_3 . 4H_2O. \\ \cdot \\ CH_2NH_3 \end{matrix}$
0110 $010\bar{1}$ $\bar{1}110$ $1\bar{1}01$ 1000 —

6; —11
45.
+3.

Aethylendiaminthiocyanat $(HSCN)_2(CH_2NH_2)_2$.
0110 $010\bar{1}$ $\bar{1}110$ — 1000 $032\bar{1}$

14) 6	Aragonitgruppe $CO_3M (M = Ca, Pb, Sr, Ba)$.
54	$0110\ 010\bar{1}\ 1000\ 110\bar{1}\ 1110\ 210\bar{1}$ ...
-2	
6	Kalisalpeter NO_3Ka (übrigens allgemein bekannt).
54	$0110\ 010\bar{1}\ 1000\ 110\bar{1}\ 1110\ 210\bar{1}$...
$-\frac{1}{2}$	Methylammoniumtrichloromercuriat $HgCl_3NH_3(CH_3)$.
6	
$+55^0 29'$	$\underbrace{0110\ 010\bar{1}}$ — $\underbrace{110\bar{1}\ 1110}$ — ...

15) 6	Gruppe des Kaliumsulfats SO_4K_2.
56	$010\bar{1}\ 110\bar{1}\ 1110\ 0110\ 210\bar{1}\ 1000$ —
0	
6	Zinntriäthylsulfat $SO_4(Sn.3C_2H_5)_2$.
$55^0 37'$	$010\bar{1}\ 110\bar{1}\ 1110\ 0110$ — — 1220

16) 6	
57·	Kalium(Ammonium)dioxytrifluorowolframat WO_2F_3K.
$+2$·	$0110\ 1000\ 010\bar{1}\ 1110\ 110\bar{1}$ —
6	
57·	Kaliumoktocyanomolybdat $Mo(CN)_8K_4.2H_2O$.
$+2$·	0110 — $010\bar{1}\ 1110\ 110\bar{1}$ 2121

17) 6; -5 1	1 4
61; 3	p-Nitrobenzoësäureäthylester $C_6H_4NO_2.CO_2C_2H_5$.
$+1$	$1000\ 0011\ 021\bar{1}\ 1011\ 010\bar{1}$ — —
6; -6	1 4
61	p-Chlorbenzoësäuremethylester $C_6H_4Cl.CO_2CH_3$.
$+1$·	1000 0011 — 1011 — $1\bar{1}01\ 110\bar{1}$...

18) 6	Chalkosin Cu_2S.
63	$1000\ 010\bar{1}\ 0110\ 110\bar{1}\ 1110\ 210\bar{1}\ 2110$ — ...
0	Tridymit (Asmanit) SiO_2.
6	
$62^0 21'$	$1000\ \underbrace{010\bar{1}\ 0110}\ \underbrace{110\bar{1}\ 1110}$ — — 0121...

19) 6	
68·	Zinndimethylformiat $(HCO_2)_2Sn(CH_3)_2$.
-3·	$1000\ 010\bar{1}\ 1110\ 0110$ —
6	
68·	Calciumformiat $(HCO_2)_2Ca$.
-1·	$1000\ 010\bar{1}\ 1110$ — $110\bar{1}$...

20) 6; $+0$	
73·	Para-Azotoluol $C_6H_3C_6H_4N:NC_6H_4CH_3$.
$+\frac{1}{2}$	$0121\ 1000\ 1110\ 2\bar{1}2\bar{1}$
6; $+0$	Para-Hydrazotoluol $C_6H_3C_6H_4NH.HN.C_6H_4CH_3$.
73·	$0121\ 1000\ 1110\ 2\bar{1}2\bar{1}$
$+\frac{1}{2}$	

Die Krystalle des kubischen Typus.

II. Hexagonaloide (trigonaloide), hexaëdrische Hauptstructur.

1) 3h; —5· 49· +1
1,2,4 6
1.2.4.6-Trinitroanilin $C_6H_2(NO_2)_3NH_2$.
100 — 001 — 1$\bar{1}$0 0$\bar{1}$1...

3h; —4 48· +2
Orthotolylenbromid (und chlorid) $C_6H_4(CH_2Br)_2$.
100 110 001 1$\bar{1}$1 — —

---

2) 3h; +10 49 —1·
Tetramethylammoniumpentajodid $N(CH_3)_4.J.J_4$.
001 1$\bar{1}$0 100 101 10$\bar{1}$; 20$\bar{1}$ — —

3h; +7· 50· —3·
Triäthylbenzylammoniumperjodid $N(C_2H_5)_3C_7H_7J_3$.
001 1$\bar{1}$0 100 101 —; — 0$\bar{1}$1 310

---

3) 3h 3h 56°40'—57°50'
Korundgruppe Al_2O_3.
111 100 31$\bar{1}$ 10$\bar{1}$ 110...

3h 57°22'
Kaliumbromat $BrKO_3$.
111 100 — 10$\bar{1}$ 110...

3h 57°37'
Geikielith $MgTiO_3$
111 100 — — — ...

---

4) 3h; —7· 62 —3
Kaliumtetrathionat $(S_2O_3)_2K_2$.
001 110 100 1$\bar{1}$2 101 10$\bar{1}$ 301 — —

3h; —7· 62 —3·
Calciumhypophosphit $(PH_2O_2)_2Ca$.
001 110 100 — 101 — — 1$\bar{1}$1 112

Oktaëdrische Hauptstructur.

5) 3o; +2 41 +5
Hexahydroterephtalsäurediphenylester
1$\bar{1}$0 0$\bar{1}$1 101

$$\begin{array}{c} CH_2 \quad CH_2 \\ {}^{CO_2C_6H_5}_{H}>C\langle \quad \rangle C<{}^{H}_{CO_2C_6H_5} \\ H_2C \quad CH_2 \end{array}$$

3o; +3 42· +5
(2)-Bromhexahydroterephtalsäurediphenylester
1$\bar{1}$0 0$\bar{1}$1 101

$$\begin{array}{c} CH_2 \quad CH_2 \\ {}^{CO_2C_6H_5}_{H}>C\langle \quad \rangle C<{}^{H}_{CO_2C_6H_5} \\ CH_2 \quad CH_2Br \end{array}$$

---

6) 3o; +6 44 +5
Kaliumwolframat $WO_4K_2.2H_2O$.
101 1$\bar{1}$0 1$\bar{3}$2 $\bar{1}\bar{1}$2 0$\bar{1}$1 010 110 001 1$\bar{1}$2 — —

3o; +5 43· +5
Triammoniumtrimolybdat $(MoO_4)_3(NH_4)_3H_3.4H_2O$.
101 1$\bar{1}$0 — — 0$\bar{1}$1 010 110 001 — 1$\bar{1}$2 $\bar{1}\bar{1}$1

7) 3o; —8· 60 +2·	Tibromessigsäure $CBr_3.CO_2H$. 110 101 001 — —
3o; —14 62 +2·	Kaliumdinitroäthan $CH_3.C(NO_2)_2K$. 110 101 — 100 $1\bar{1}0$

Dodekaëdrische Hauptstructur.

8) 3d; +17 49 $-\frac{1}{2}$	Lutidinhexachloroplatinat $PtCl_6[C_5H_3(CH_3)_2NH]_2$. $11\bar{1}$ $1\bar{1}0$ 111 $1\bar{1}1$ 001 100...
3d; +17· 48 0	Aethylidendihexamethylphosphoniumbromid $C_2H_4P_2(CH_3)_6Br_2$. $11\bar{1}$ — 111 $1\bar{1}1$ — —
9) 3d; —7· 64 —4 (Azobenzol) 3d; —7· 61· —5 (Dibenzyl)	1. Dibenzyl $C_6H_5CH_2.CH_2C_6H_5$ [1]. 2. Azobenzol $C_6H_5N:NC_6H_5$. 3. Stilben $C_6H_5CH:CHC_6H_5$. 4. Tolan $C_6H_5.C:C.C_6H_5$. 1. 100 001 111 $\bar{1}11$ $11\bar{1}$ — — 2. 100 001 111 $\bar{1}11$ $11\bar{1}$ $3\bar{1}1$ $33\bar{1}$ 3. 100 001 111 $\bar{1}11$ $11\bar{1}$ — $33\bar{1}$ 4. 100 001 111 $\bar{1}11$ $11\bar{1}$ $3\bar{1}1$ $33\bar{1}$
10) 3d; +6 66 —2·	β-Propylisopropylammoniumhexachloroplatinat $PtCl_6(NH_2C_3H_7.iC_3H_7)_2$. $11\bar{1}$ 100 $\bar{1}11$ 011 111 311 001...
3d; +6· 66 —2·	Methylsuccinimid $NCH_3<\begin{matrix}CH_2CO\\CH_2CO\end{matrix}$ $11\bar{1}$ — $\bar{1}11$ — 111 — —...

III. Tetragonaloïde. Hexaëdrische Hauptstructur.

1) 4h 29° 0′	Tribromtoluol $C_6H_2(CH_3)Br_3$ (Benzolring: CH_3; Br, Br, Br). 100 110 001 101
4h 29° 7′	Hexachlorcyclohexadiënon $CCl\lessdot\begin{matrix}CCl:CCl\\CCl.CCl_2\end{matrix}>CO$. 100 — — 101
2) 4h; $-\frac{1}{2}$ 35 $-\frac{1}{2}$	Skolezit $Si_3O_{10}Al_2Ca.3H_2O$. 100 010 110 101 011
4h; +0 36· $-\frac{1}{2}$	Natrolith $Si_3O_{12}Al_2Na_2H_4$. 100 — 110 101 —

[1] Auf diese merkwürdige Reihe hat schon Hr. Boeris hingewiesen (Atti della Società Italiana di Scienze naturali, Milano 1900, **39**, 111; diese Zeitschr. **34**, 298).

3) 4h; +5 36 4·	Natriumdichromat $Cr_2O_7Na_2.2H_2O$. 001 100 010 101 210 110 120 $\bar{1}01$ 011 —...
4h; +2· 36 5	Strontiumdichromat $Cr_2O_7Sr.3H_2O$. — 100 010 101 210 110 — — — $\bar{2}11$...
4) 4h 39 4	Phosphosiderit $PO_4Fe.3\frac{1}{2}H_2O$ (?). 100 010 001 102 110 101 011 —...
4h 40 2·	Arsenstruvit $AsO_4MgNH_4.6H_2O$. 100 010 — — 110 — 011 201...
5) 4h 43 2	Triäthylendiaminhexabromocadmiat $Cd(CH_2NH_2)_2.3Br_2$. 100 010 001 101 110 111 — —
4h · · 4	Trimethylphenylammoniumtetrajodozinkat $ZnJ_4[C_6H_5(CH_3)_3N]_2$. 100 010 001 101 — — 011 201
6) 4h 43 5·	o-Acetotoluid (CH_3, $NH.COCH_3$) 100 120 010 012 001 —...
4h 43 5·	α-Phenylthiocarbamid ($NH.CSNH_2$) 100 120 010 001 110 011...
7) 4h 48° 35′	1. Methyltriäthylammoniumtetrachloroaurat $AuCl_4NCH_3(C_2H_5)_3$.
4h 50° 8′	2. Dimethyldiäthylammoniumtetrachloroaurat $AuCl_4N(CH_3)_2(C_2H_5)_2$.
4h 50° 52′	3. Trimethyläthylammoniumtetrachloroaurat $AuCl_4N(CH_3)_3(C_2H_5)$.
4h 51° 44′	4. Tetramethylammoniumtetrachloroaurat $AuCl_4N(CH_3)_4$.
	1. 111 100 001 110 — 2. 111 100 001 110 — 3. 111 100 001 110 — 4. 111 100 001 110 —
4h 48° 36′	Phosphorpentachlorid PCl_5. 111 100 001 — 101
8) 4h 49 —0	Epsomitgruppe $SO_4M(M = Mg, Ni, Zn).7H_2O$. 100 101 110 $0\bar{1}1$ $1\bar{1}0$ — —...
4h 48· —1	Morphinsulfat $SO_4(C_{17}H_{19}NO_3)_2.7H_2O$. 100 — 110 — — 001 111

9) 4h 51 4 — Enargitgruppe $RS_4Cu_3 (R = As, Sb)$.
010 100 001 110 101 011 —...

4h 50· 2· — Trimethylchloroxypropylammoniumtetrachloroaurat $AuCl_4N(CH_3)_3C_3H_4OCl$.
010 100 001 110 — — 111...

---

10) 4h 53° 22′ — Polianit MnO_2.
100 101 201 111 —...

4h 50° 15′ — Kaliumhydrofluorid KHF_2.
100 101 — — 001...

---

11) 4h 53° 3′ — Polianit MnO_2.
100 101 201 111 —

4h 52° 11′ — Strontiumhydroxyd $Sr(OH)_2 . 8$ aq.
100 101 — — 001

---

12) 4h 55 —0 — Ammoniumjodat JO_3NH_4.
100 001 $1\bar{1}0$ 110 $1\bar{1}1$ 111 101 201...

4h; ±1 55· —0 — Kaliumjodat JO_3K.
100 001 $1\bar{1}0$ 110 — — 101 —

---

13) 4h 55 —0 — Ammoniumjodat NH_4JO_3.
100 001 $1\bar{1}0$ 110 $1\bar{1}1$ 111 101 201 —...

4h 56· —3 — Auripigment As_2S_3.
100 001 — — $1\bar{1}1$ 111 — — $1\bar{1}2$

---

14) 4h 57 1· — Bournonit SbS_3PbCu.
010 101 100 001 201 102 110 011...

4h 58 1· — Seligmannit AsS_3PbCu.
010 101 100 001 201 102 110 011

---

15) 4h 59° 4′ — Carbamid $CO(NH_2)_2$.
100 101 001

4h 60° 12′ — Succinjodimid $\begin{matrix} CH_2.CO \\ CH_2.CO \end{matrix}\!\!>NJ$.
100 101 —

---

16) 4h 63· 6 — Basisches Mercurichlorat (und Bromat) $ClO_3(OH)Hg$.
100 101 001 110 111 010...

4h 64 6 — Borotetrafluorkalium (und Rubidium) BF_3FK.
100 101 001 110 111 010...

17) 4h
64
6

Borotetrafluorkalium BF_4K.
100 101 001 110 111 010...

4h
64
6

Tetrapropylammoniumjodid $N(C_3H_7)_4J$.
— 101 001 110 111 010...

---

18) 4h; —5
69
—4·

Natriumparatoluolthiosulfonat $C_6H_4CH_3SO_2.SNa.2H_2O$.
001 101 010 — —

4h; —4·
69
—3·

Kaliumparatoluolthiosulfonat $C_6H_4CH_3SO_2.SK.2H_2O$.
001 101 010 111 011

---

19) 4h; +6·
71·
5·

Baryummethylsulfat $(CH_3SO_4)_2Ba.2H_2O$.
001 010 011 100 110 — —

4h; +5·
72
5

Baryumäthylsulfat $(C_2H_5SO_4)_2Ba.2H_2O$.
001 010 — 100 110 101 $\bar{1}$01

---

20) 4h; +5·
72
5

Baryumäthylsulfat $(C_2H_5SO_4)_2Ba.2H_2O$.
001 010 100 110 101 $\bar{1}$01 —...

4h; +3
72
—1·

Kaliummethylsulfat $(CH_3SO_4)K.\frac{1}{2}H_2O$.
001 — 100 — — $\bar{1}$01 1$\bar{1}\bar{2}$...

---

21) 4h; +1$\frac{1}{2}$
75; ?
3

Dihydrit $(PO_4)_2Cu(CuOH)_4$.
010 0$\bar{1}$1 001 100 10$\bar{2}$ 1$\bar{1}$1 —...

4h
79
1·

Hopeït $(PO_4)_2Zn_3.4H_2O$.
010 0$\bar{1}$1 011 001 100 102 — 101...

---

22) 4o; 4
36
5·

Oktaëdrische Hauptstructur.

Tribromchlorhydrochinon $C_6Br_3Cl(OH)_2$.
110 1$\bar{1}$0 101 011 010 — —

4o; 2·
36
6

p-Dichlordibromhydrochinon $C_6Cl_2Br_2(OH)_2$.
110 1$\bar{1}$0 — 011 — — —

---

23) 4o; 1·
36
5·

Diphensäuremethylester $(C_6H_4CO_2CH_3)_2$.
110 1$\bar{1}$0 101 — — $\bar{1}$01 100 —

4o
37
—4

p-Dichlorhydrochinon $C_6H_2Cl_2(OH)_2$.
2,5 1,4
110 1$\bar{1}$0 101 — — — 100 001

4o; 3
36·
6·

Trona (Urao) $CO_3NaH.CO_3Na_2.2H_2O$.
110 1$\bar{1}$0 101 011 010 — — —

24)	4o; —14· 36 5	Baryumtetracyanopalladoat $Pd(CN)_4Ba.4H_2O$. 110 010 101 — —
	4o; —14 37 5·	Kaliumbaryumoktocyanoplatinat $Pt_2(CN)_8BaK_2.xH_2O$. 110 — 101 100 211
25)	4o 36· 3	$\alpha\alpha'$-Dibrom-π-camphersulfonsäureamid $(C_8H_{12}.SO_2NH_2)<^{CBr_2}_{CO}$ $1\bar{1}1$ 011 110 120 — —
	4o 37 1·	d-$\alpha\beta$-Dibromcampher $C_8H_{13}Br<^{CHBr}_{CO}$ $1\bar{1}1$ 011 110 — 100 010
26)	4o 37· 3	Eisendiantimonid $FeSb_2$ (Saffloritgruppe). 110 011 010
	4o 37· 3·	Kupferantimonspeise $Cu(Sb, Bi)_2$. 110 011 —
27)	4o; +13· 38· 1·	2.4-Dimethylphloroglucin $C_6H(CH_3)_2(OH)_3$. 110 $10\bar{1}$ $20\bar{1}$ 310 $01\bar{1}$ — —...
	4o; —11· 38· 2	α-Benzolhexabromid $C_6H_6Br_6$. 110 101 — — $01\bar{1}$ 100 010...
28)	4o; —11· 38· 2	α-Benzolhexabromid $C_6H_6Br_6$. 110 101 $01\bar{1}$ 100 010 —...
	4o; —13 39 2·	p-Toluidinhydrochlorid $CH_3C_6H_4NH_2HCl$. 110 101 — — 010 211...
29)	4o 40· $\frac{1}{2}$	Triparachlortriphenylcarbinol $(C_6H_4Cl)_3.COH$. 101 110 100 201 331 —...
	4o 41· 3·	Triparajodtriphenylmethan $(C_6H_4J)_3CH$. 101 110 — — — 001...
30)	4o 42 4·	Arsenopyrit $FeAsS$. 011 110 310 101 — — —
	4o 44· 6	Markasit FeS_2. 011 110 310 101 100 111 —

31) 4o; —2 · 44· · 5·

Rammelsbergit $NiAs_2$.
011 110 — — 100 — —

4o · 45· · 4·

Benzophenon $CO(C_6H_5)_2$.
011 110 — 101 — 111 001

---

32) 4o; +2· · 43 · 3

Thallocerosulfat $(SO_4)_2CeTl.2H_2O$.
100 110 320 011 — — —

4o; +4· · 43· · 3

Natriumplatinsulfat $(SO_4)_2PtNa.4H_2O$.
— 110 — 011 101 10$\bar{1}$ —

4o; —1 · 42 · 4

Ferro- (und Mangano-)sulfat $(SO_4)Fe.4H_2O$.
100 110 — 011 101 10$\bar{1}$ 001

---

33) 4o · 42 · 4

p-Dithymolylaminodimethylester
$NH\left[\begin{matrix}CH_3O\\(CH_3)_2CH\end{matrix}>C_6H_2(CH_3)\right]_2$.
100 010 110 210; 121 —

4o · 42 · 5·

Silbernitrat $NAgO_2$. Vergl. Markasit.
100 010 110 — — 101

---

34) 4o · 43° 1′

Magnesiumfluorid MgF_2.
110 100 101 —

4o · 44° 25′

Rutheniumoxyd RuO_2.
110 100 101 111

4o · 42° 35′

Mercuricyanid $Hg(CN)_2$.
110 — 101 111...

---

35) 4o · 43· · 6

Barytgruppe SO_4Ba.
110 011 100 010 201 211 — — —

4o · 45· · 6·

Gruppe des Kaliumchlorats ClO_4K.
110 011 100 010 201 — 001 — —

4o · 45· · 6·

Gruppe des Kaliumpermanganats MnO_4K.
110 011 — 010 201 — 001 — —

4o · 45· · 5·

Thialdinsulfat $SO_4C_6H_{15}NS_2$.
110 — 100 010 — — — 101 111

---

36) 4o · 44· · 2

Olivenit $AsO_4Cu(CuOH)$.
010 110 100 101 011 — —

4o · 45· · $\frac{1}{2}$

Adamin $AsO_4Zn(ZnOH)$.
— 110 100 — 011 210 —

4o · 45 · $\frac{1}{2}$

Andalusit $SiO_4Al(AlO)$.
— 110 — 101 011 — 001

37) 4o, 44·, 0 — Methyl-(3)-phenyl-(1)-chlor-(5)-pyrrodiazol $C_9H_8ClN_3$.
010 001 110 011; 421...

4o, 44·, $\frac{1}{2}$ — Phenyl-(1)-dichlor-(3,5)-pyrrodiazol $C_8H_5Cl_2N_3$.
010 001 110 011; 421...

---

38) 4o; —9, 45, —2 — $\alpha\delta$-Diphenylfulgid $\begin{matrix} C_6H_5CH:C.C:O \\ \cdot > O \\ C_6H_5CH:C.C:O \end{matrix}$
1$\bar{1}$0 010 011 101 —

4o; —9, 45, 0 — α-Cumyl-$\delta\delta$-diphenylfulgid $\begin{matrix} (C_6H_5)_2C:C.C:O \\ \cdot > O \\ C_3H_7C_6H_4CH:C.C:O \end{matrix}$
1$\bar{1}$0 — 011 $\bar{1}$01 11$\bar{1}$

---

39) 4o, 45°15′ — Tetramethylammoniumbromid $N(CH_3)_4Br$.
101 110 — —

4o, 45°57′ — Tetramethylphosphoniumjodid $P(CH_3)_4J$.
101 110 001 —

4o, 47°57′ — Tetraäthylammoniumjodid $N(C_2H_5)_4J$.
101 110 — 100

4o, 47°35′ — Monoäthylammoniumtetracyanoplatinoat $Pt(CN)_4(NH_3C_2H_5)_2$.
101 110 — —

4o, 48, —$\frac{1}{2}$ — Zinkhydrosulfit $ZnO_4S_2.xC_2H_6O$.
101 110 — 100

---

40) 4o, 47°57′ — Tetraäthylammoniumjodid $N(C_2H_5)_4J$.
101 110 100 —

4o, 48, $\frac{1}{2}$ — Triäthylendiamincadmiumjodid $Cd(CH_2NH_2)_2J_2J$.
$\underbrace{101\ 011}$ 110 — 111

---

41) 4o, 47°57′ — Tetraäthylammoniumjodid $N(C_2H_5)_4J$.
101 110 100 —

4o, 48°21′ — Tetramin-Platinchlorid $[Pt(NH_3)_4]Cl_2.H_2O$.
101 110 — 112

---

42) 4o, 48, —1 — Kaliumthiocyanat $NCSK$.
1$\bar{1}$0 001 101 201 —

4o, 49°3′ — Kaliumisocyanat $NCOK$.
— 001 101 — —

4o, 48°12′ — Thallothiocyanat $NCSTl$.
110 001 101 — 100

No.	Werte	Substanz und Flächen
43)	4o; +0 48 0	β-Anisbenzanishydroxylamin $N(C_8H_7O_2)(C_7H_5O)(O.C_8H_7O_2)$. 010 101 $\bar{1}01$ 110 100 011 —
	4o 49° 5′	Rubidiumazid RbN_3. — 101 $\bar{1}01$ 110 — — 001
44)	4o; —0 48· 1	Magnesiumjodat $(JO_3)_2Mg.4H_2O$. 011 110 $0\bar{1}1$ 101 211 — —
	4o; 1 49 —3	Baryumchlorat $(ClO_3)_2Ba.H_2O$. 011 110 $0\bar{1}1$ $\bar{1}01$ — 100 001
	4o 53· —2·	Bleiperchlorat $(ClO_4)_2Pb$. — 110 — 101 — — 001 $1\bar{1}0$...
	4o; 1 50 — 1	Bleichlorat $(ClO_3)_2Pb.H_2O$. 011 110 $0\bar{1}1$ 101 — 100 001
45)	4o 49· 1	Codeïn $C_{18}H_{21}NO_3.H_2O$. 110 001 101 102 011
	4o 50 1	Dicodeïn-Aethylenbromid $(C_{18}H_{21}NO_3)_2(CH_2Br)_2.4H_2O$. 110 — 101 102 011
46)	4o; $\frac{1}{2}$ 49· —6·	Lorandit AsS_2Tl. $\bar{1}10$ 101 110 100 010 201 — —
	4o 50 —6·	Certrichlorid $CeCl_3.7\frac{1}{2}H_2O$. $\bar{1}10$ 101 110 — — — 001 112
47)	4o 50 —6·	Certrichlorid $ClCl_3.7\frac{1}{2}H_2O$. $\bar{1}10$ 101 110 001 112
	4o 51 —5	Triäthylendiaminzinkchlorid $Zn(CH_2NH_2)_2.3Cl_2$. $\bar{1}10$ 101 110 — —
48)	4o; +11 49· 1	Dichlortolan $C_6H_4ClC\vdots CC_6H_4Cl$. 101 110 011 $\bar{1}01$ 111 — —
	4o; +12 52 3	o-Dinitrodiphenyl $C_6H_4NO_2.C_6H_4NO_2$. — 110 011 $\bar{1}01$ — 100 $12\bar{1}$
49)	4o 50· —4	α-Kalium- (und NH_4) uranylnitrat $(NO_3)_3UO_2K$. 110 $1\bar{1}0$ 101 —
	4o 50· —4	Uranylnitrat $(NO_3)_2UO_2.6H_2O$. 110 $1\bar{1}0$ 101 112

50)	4o 50° 54′	Uranodisulfid US_2. 001 011 112 — —
	4o 4o 51° 58′—53° 22′	Kassiteritgruppe SnO_2 . . . — 011 — 110 111
51)	4o 53 —1·	Natriumjodat $JO_3Na.5H_2O$. 100 $1\bar{1}0$ 110 101 112
	4o 54 —½	Trioxyaluminiumorthoborat $BO_3(AlO)_3$. 100 $1\bar{1}0$ 110 101 —
52)	4o 56° 1′	Ammoniumtetrachlorocupriat $CuCl_4(NH_4)_2.2H_2O$. 110 101 111 001 —
	4o 56° 24′	Kaliumtetrachlorocupriat $CuCl_4K_2.2H_2O$. 110 101 — — —
	4o 57· —1·	Uranothallit $U(CO_3)_4Ca_2.10H_2O$. 110 $1\bar{1}0$ 101 — 001 112 (110 $1\bar{1}0$ bracketed)
53)	4o 56· —1	Tricadmiumdiantimonid Cd_3Sb_2. 001 $1\bar{1}0$ 110 101 $1\bar{1}1$...
	4o 57· —1	Zinkantimonid $ZnSb$. — $1\bar{1}0$ — 101 —
54)	4o 57· —1	Zinkantimonid $ZnSb$. $1\bar{1}0$ 101 — —
	4o 57· —1·	p-Chloranilin $C_6H_4\overset{1}{(NH_3)}\overset{4}{Cl}$. — 101 110 $1\bar{1}2$...
55)	4o 55 0	Methenylorthophenylendiamin $C_6H_4<\genfrac{}{}{0pt}{}{NH}{N}>CH$. 101 011 212 — —
	4o 56 0	Dinitroparatoluidin $C_6H_2(CH_3)(NH_2)(NO_2)_2$. 101 011 — 110 001...
56)	4o; +½ 57 —0	Calciumjodat (Lautarit) $(JO_3)_2Ca$. $0\bar{1}1$ 112 $1\bar{1}0$ 101 001 110 —
	4o; +4 58· 2	Baryumjodat $(JO_3)_2Ba$. $0\bar{1}1$ — $1\bar{1}0$ 101 — 110 100 Ancylit $(CO_3)_2Ce(OH)Sr.H_2O$ (?). 011 — $1\bar{1}0$ — — 110 — ($1\bar{1}0$ … 110 bracketed)
	4o 57 0	Basisches Bleiperchlorat $(ClO_4)_2Pb_2O.2H_2O$. — 112 $1\bar{1}0$ — — 110 —...

Dodekaëdrische Hauptstructur.

57) 4d 50· 2·
1 4
p-Bromanilin $C_6H_4BrNH_2$.
111 — —

4d 51· 2·
Benzolsulfochloranilid $C_6H_4ClNH(C_6H_5SO_2)$.
111 110 100...

---

58) 4d 50· —4·
Kaliumdibromojodid $KBr.BrJ$.
$1\bar{1}1$ $1\bar{1}0$ 100 111 — —...

4d 53 —2
α-Jodsäure $JO_3H = JO_2OH$.
$1\bar{1}1$ — 100 111 001 $0\bar{1}1$...

---

59) 4d 51 0
Manganoselenat $SeO_4Mn.2H_2O$.
100 111 011 101 021 — — —

4d; —0 51 —3·
Chalkomenit $SeO_3Cu.2H_2O$.
— $\bar{1}11$ $1\bar{1}1$ 111 — — 021 $1\bar{1}2$ — —

4d 51 $\frac{1}{2}$
Strengit $PO_4Fe.2H_2O$.
— 111 — — — — 001 010

4d 51· 1
Skorodit $AsO_4Fe.2H_2O$.
100 111 — — — — 001 010

4d 51· 1·
Cerosulfat $(SO_4)_3Ce_2.8H_2O$.
100 111 — — 021 — 001 —

---

60) 4d 51 $\frac{1}{2}$
1 4
Kalium-p-phenolsulfonat $C_6H_4HOSO_3K$.
111 011 010 —

4d 51 1
1 4
β-Nitroacetanilid $C_6H_4NO_2.NHCOCH_3$.
111 011 — 100

---

61) 4d 50 —2
Bromisosafroldioximsuperoxyd $C_{10}H_7BrN_2O_4$.
$1\bar{1}0$ 111 100 001 —

4d 50 $\frac{1}{2}$
Diisonitrososafrolanhydrid $C_{10}H_8N_2O_3$.
— 111 100 — 010

---

62) 4d; 2 50 —3
Cadmiumchlorid (stabil) $CdCl_2.2\frac{1}{2}H_2O$.
010 100 001 111 $11\bar{1}$ — —

4d 52 —2
Zinkbromid $ZnBr_2$.
— 100 — — $11\bar{1}$ 110 $1\bar{1}0$

63)	4d 50· —1	S t r o n t i u m f o r m i a t $(HCO_2)_2Sr$. $001\ 1\bar{1}1\ 111\ \overbrace{100\ 010}$
	4d 55· 0	D i a l l y l m a l o n s ä u r e $(HCO_2)_2C(CH_2:CHCH_2)_2$. — $1\bar{1}1\ 111\ 100\ 010$
64)	4d 50· —0	M e t h y l c a r b a m i d $CONH_2.NH(CH_3)$. $001\ 111\ \overbrace{100\ 010}$ —
	4d 55· 0	D i a l l y l m a l o n s ä u r e $(CO.OH)_2C(CH_2:CHCH_2)_2$. — $111\ 100\ 010\ 1\bar{1}1$
65)	4d 55· 0	D i a l l y l m a l o n s ä u r e $(CO.OH)_2C(CH_2:CHCH_2)_2$. 111 010 100 —
	4d 54 0	D i b r o m m a l o n a m i d $(CONH_2)_2CBr_2$. 111 010 — 210
66)	4d 53° 4′ 53 23	1. P e r c h l o r e s t e r $(C_2Cl_5)_2O$. 2. P e r b r o m c h l o r e s t e r $C_4Cl_6Br_4O$. — 111 001 —
	4d 54° 15′	N a t r i u m s u l f i d h y d r a t $Na_2S.9H_2O$. 110 111 — 201
67)	4d; $+\frac{1}{2}$ 54 —0	A c e t a m i d d i t a r t r a t $C_4H_6O_6.C_2H_3ONH_2$. $001\ 110\ 111\ 11\bar{1}\ 1\bar{1}1\ 100\ 20\bar{1}$...
	4d 54· $-\frac{1}{2}$	A c e t a m i d t a r t r a t $C_4H_6O_6[C_2H_3ONH_2]_2$. 001 — 111 (?) $1\bar{1}1$ 100 201
	4d 54· $-\frac{1}{2}$	O x a m i d t a r t r a t $C_4H_6O_6[C_2O_2N_2H_4]_2$. 001 — 111 $1\bar{1}1$ 100 201
68)	4d 54 —1	S i l b e r p l u m b i t PbO_2Ag. $111\ 100\ 1\bar{1}1$ —...
	4d; $\frac{1}{2}$ 54 —1	K r y o l i t h AlF_6Na_3. $111\ 100\ 1\bar{1}1$ —
	4d 54° 56′	C h a l k o p y r i t FeS_2Cu. 111 — $1\bar{1}1$ 201...
69)	4d 56° 38′	M e t h y l t r i ä t h y l a m m o n i u m t e t r a c h l o r o m e r c u r i a t $HgCl_4(N.CH_3.3C_2H_5)_2$. 111 101 001
	4d 59° 53′	T e t r a ä t h y l a m m o n i u m t e t r a c h l o r o m e r c u r i a t $HgCl_4(N.4C_2H_5)_2$.

No.	Symbol	Substanz	Flächen
70)	4d; 1· 57 −2·	Mercurioxyd *HgO*.	001 $1\bar{1}1$ 312 111 — —...
	4d 58 0	Amidosulfonsäure $NH_2.SO_3H$.	— $1\bar{1}1$ — 111 100 210...
	4d 58° 50′	Paramelaconit *CuO*.	001 $1\bar{1}1$ — 111 — —
71)	4d 58· ½	Zinntrimethylsulfat $SO_4(Sn.3CH_3)_2$.	111 010 001 100 101 — —
	4d 58° 20′	Kaliumtrioxyfluorochromat CrO_3FK.	111 — — — — — —
	4d 58° 31′	Kaliumperrutheniat RuO_4K.	111 — — — — 201 —
	4d 58° 34′	Hausmannit MnO_4Mn_2.	111 — 001 — 101 — 113
72)	4d 58 1·	Nonodilacton $\begin{matrix}CH_3.CHCH_2\\CH_3.CHCH_2\end{matrix}>C<\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}$ (mit zwei O-Brücken)	111 010 012 — — —
	4d 58 1·	Campherpinakon $(C_8H_{14})<\begin{matrix}C(OH)\\CO\end{matrix}\quad\begin{matrix}(OH)C\\OC\end{matrix}>(C_8H_{14})$	$\underbrace{111\ \bar{1}11}$ — — 001 101 100
73)	4d; 3· 58 1·	Thoriumselenat $(SeO_4)_2Th.9H_2O$.	$\bar{1}10$ 111 110 $\bar{1}11$ — — — —
	4d 58· ½	Zinntrimethylsulfat $(SO_4)(Sn.3CH_3)_2$.	— 111 — $\bar{1}11$ 010 001 100 —
	4d; +½ 58· ½	Ammoniumorthothiovanadat $VS_4(NH_4)_3$.	— 111 110 — — 001 — 011
74)	4d 58 −1·	π-Chlor-α-brom-α′-nitrocampher $(C_8H_{13}Cl)<\begin{matrix}CBrNO_2\\CO\end{matrix}$	001 101 111 $1\bar{1}1$ $1\bar{1}2$ —...
	4d 58· −1	Campherdioxim $(C_8H_{14})<\begin{matrix}C(:NOH)\\C(:NOH)\end{matrix}$	— — 111 $1\bar{1}1$ — $1\bar{1}0$
75)	4d 58· −3·	Struvit $PO_4MgNH_4.6H_2O$.	$1\bar{1}0$ $00\bar{1}$ $1\bar{1}0$ 111 001 $1\bar{1}1$ —...
	4d; −0 58· −3·	Synadelphit $2AsO_4(Mn, Al).5Mn(OH)_2$.	— $00\bar{1}$ — 111 001 $1\bar{1}1$ 011...

Nr.	Konstanten	Substanz und Formen
76)	4d 60· 2	Oxalsäure $(CO_2H)_2$. 111 100 110 010 —
	4d 60 1·	Anemonin $C_{10}H_8O_4$. 111 100 — 010 120
77)	4d 60 0	Calciumbenzolsulfonat $(C_6H_5SO_3)_2Ca.H_2O$. 001 111 11$\bar{1}$ — —
	4d; +5 60 $\frac{1}{2}$	Leonit $(SO_4)_2MgK_2.4H_2O$. 001 111 11$\bar{1}$ 100 011...
78)	4d 60 0	Calciumbenzolsulfonat $(C_6H_5SO_3)_2Ca.2H_2O$. 001 111 — —
	4d 60 $\frac{1}{2}$	Tetraphenylcarbamid $[N(C_6H_5)_2]_2CO$. 001 111 100 010
79)	4d 60· 2	Oxalsäure $(CO_2H)_2$. 111 100 110 010 —
	4d 61 2·	o-Dichlordiphenyl $(C_6H_4Cl)_2$. 111 — — — 101
80)	4d; 1· 63 2	Benzenylisodiphenylamidinhydrochlorid $C_6H_5C{<}^{NH}_{N(C_6H_5)_2}.HCl$ 1$\bar{1}$1 001 111 1$\bar{1}$0 0$\bar{2}$1 —
	4d; 2 63 2	Oxypyridin $C_5H_5NO.H_2O$. 1$\bar{1}$1 001 111 — 0$\bar{2}$1 010
81)	4d 63° 17′	Uranylacetat $(CH_3CO_2)_2UO_2.3H_2O$. 111 110 113 102 101
	4d 63° 25′	Ammoniumuranylacetat $(CH_3CO_2)_3UO_2(NH_4)$. 111 110 113 102 — 100*
82)	4d 63° 17′	Uranylacetat $UO_2(CH_3CO_2)_2.3H_2O$. 111 110 113 102 101 —
	4d 63° 18′	Kaliumdioxypentafluorouranat $UO_2F_5K_3$. 111 110 — — 101 001
83)	4d 63° 17′	Uranylacetat $UO_2(CH_3CO_2)_2.3H_2O$. 111 110 113 102 101 —
	4d 63° 46′	Plattnerit PbO_2. 111 110 113 — 101 001
	4d 64 0	Thallotetracyanothallat $Tl_2(CN)_4$. 111 — — — — —

Nr.	Werte	Substanz	Flächen
84)	4d; —1· 63· 0	Triphenylamin $N(C_6H_5)_3$.	001 111 $1\bar{1}1$ 110 100...
	4d 64 —1	Triäthylisocyanurat $C_3O_3(NC_2H_5)_3$.	001 111 $1\bar{1}1$ — 100...
85)	4d 64 0	Pentabromaceton $CHBr_2COCBr_3$.	111 001 102 — —
	4d 64 1·	Glycerin $CH_2(OH).CH(OH).CH_2(OH)$.	111 001 — 011 110
86)	4d 67 —1	Cäsiumperjodat SO_4Cs.	001 101 111 $1\bar{1}1$ —...
	4d 66° 36′	Kaliumperrutheniat RuO_4K.	— 101 111 $1\bar{1}1$ —...
	4d 66 0	Calciumchromat $CrO_4Ca.H_2O$.	001 — 111 $1\bar{1}1$ 010...
87)	4d 66 6·	Succinimid $\frac{CH_2CO}{CH_2CO}>NH$.	111 001 —...
	4d 67 5·	Zinndioxyd SnO_2.	111 001 012...
88)	4d; +3· 67· 1	Ammoniumdichromat $Cr_2O_7(NH_4)_2$.	001 101 111 $11\bar{1}$ 010...
	4d; +5· 67· 2·	Dimethylpiperazindichromat $Cr_2O_7C_6H_{14}N_2H_2$.	001 — 111 $11\bar{1}$ —...
89)	4d 67· 2·	Hydroberberinjodmethylat $C_{20}H_{21}NO_3CH_3J$.	001 111 113 —...
	4d 67· 3	Sparteïnjodmethylat $C_{15}H_{26}N_2CH_3J$.	001 111 — 100...
90)	4d 67° 24′	Thiodiglycolamid $S(CH_2CONH_2)_2$.	111 001
	4d 68° 18′	Anatas TiO_2.	111 001...

Nr.		
91)	4d; 0 68· —0	Gruppe des Kaliumhexacyanoferroats $Fe(CN)_6K_4.3H_2O$. 001 111 $\bar{1}$11 100 010...
	4d; 0 68· —0	Tetramethylstiboniumhexacyanoferroat $Fe(CN)_6(Sb.4CH_3)_4.12H_2O$. 001 111 $\bar{1}$11 — —
92)	4d 69 —3·	Valentinit Sb_2O_3. 001 111 1$\bar{1}$1 —...
	4d 72° 33′	Nickelspeise As_2Ni_3? 001 111 1$\bar{1}$1 221...
93)	4d; +5 69· 3	Cerooxalat $(C_2O_4)_3Ce_2.11H_2O$. 001 010 11$\bar{1}$ 111...
	4d; +3 71 2·	Didymoxalat $(C_2O_4)_3(Pr, Nd)_2.11H_2O$. 001 010 11$\bar{1}$ 111...
94)	4d 70· 1	Ammoniumbenzolsulfat $C_6H_5SO_3NH_4$. 001 111 011
	4d 72 $\frac{1}{2}$	Ammoniumbenzoat $C_6H_5CO_2NH_4$. 001 111 011
95)	4d 74 4	β-Kaliumdijodat $JO_3K.JO_3H$. 100 010 001 111 110 —...
	4d; +2 74 4	α-Kaliumdijodat $JO_3K.JO_3H$. 100 — 001 111 $\bar{1}$11 — —...
	4d; $-\frac{1}{2}$ 75 5	Kaliumchlorat ClO_3K. — — 001 111 $\bar{1}$11 — 011...
96)	4d 75· 2	Teallit SnS_2Pb. 001 111 010 112 — —
	4d 75· 3	Stannosulfid SnS. 001 111 — — 110 101

In der Arbeit »Die chemischen Analogien der, ihrer Krystallform nach, dem Kaliumsulfat nahestehenden Substanzen«, diese Zeitschr. 52, 11, wurden als »isotectonisch« solche Substanzen bezeichnet, welche zugleich isogonisch (d. h. durch nahestehende Complexsymbole ausgedrückt) sind und in welchen Substitutionen eines Radicals durch andere, teilweise von sehr verschiedenem

chemischen Charakter, stattfinden; dabei können nicht nur die Radicale selbst, sondern auch die Verteilung der inneren atomistischen Verbände sehr verschieden sein.

Von diesem Standpunkte aus würden die meisten Substanzen der angeführten Tabelle als isotectonische bezeichnet werden können, wenn nicht etwa die Beimengung des Krystallisationswassers dem im Wege stünde.

Die nähere Betrachtung dieser Tabelle lehrt uns aber, daß diese Beimengung von mehr nebensächlicher Natur ist; es scheint so, als ob die Substanz vom Krystallisationswasser, wie ein Schwamm, imbibiert werden kann; nur ist dasselbe im rationalen[1]) (molekulären) Verhältnis aufgenommen.

Der Schluß scheint mit der allgemeinen Tatsache in Widerspruch zu stehen, daß sich die Krystallisationsverhältnisse vom Grunde aus ändern, wenn sich die Menge des Krystallisationswassers ändert. Der Widerspruch kann aber auch ein scheinbarer sein.

Einerseits kann angenommen werden, daß nicht der ganzen Menge des Krystallwassers die gleiche Rolle zukommt. Teilweise ist dies eine allgemein bekannte Tatsache, da z. B. mit Abnahme derselben teilweise auch der Dampfdruck continuierlich abnimmt, teilweise ist dies nicht der Fall.

Andererseits ist auf Polymorphismus als eine Tatsache von allgemeinem Charakter hinzuweisen; mit der Änderung im Molekelbau ist aber ganz natürlich auch eine Änderung in der Aufnahme des Wassers zu erwarten.

Jedenfalls ist aus der Tabelle zu ersehen, daß die Krystallsubstanzen bei verschiedenem Gehalt an Wasser einander nahestehen können.

In dieser Hinsicht haben wir auf die Substanzen I5, I7, I13, I16, II6, III2, III3, III4, III11, III20, III21, III24, III32, III39, III41, III44, III45, III46, III47, III49, III51, III52, III59, III62, III66, III73, III75, III77, III78, III80, III81, III82, III83, III86 Bezug zu nehmen.

Ganz abgesondert stehen folgende Fälle: III49. Die Tatsache der besonderen krystallographischen Annäherung von zwei solchen Verbindungen, von welchen die eine die Säure und die andere ihr Kaliumsalz darstellt, ist sehr rätselhaft; man hätte meinen können, daß diese Annäherung durch den Gehalt an Krystallisationswasser in der einen dieser Substanzen verursacht wird. Nun aber erweist sich bei näherem Eindringen in die Sache, daß die Tatsache keine so ausschließliche ist. Schon auf der beigegebenen kurzen Liste treffen wir einen solchen Fall in dem Beispiel III96; hierzu gehört scheinbar auch III95; wären die aufgestellten Grenzen der Annäherung etwas weiter gesetzt, so würden solche Beispiele von rätselhafter Natur noch mehr zugenommen haben.

Zu Beispielen besonderer Art gehören auch III73 und III75; wir wollen darauf nicht weiter eingehen.

---

1) Ob auch dies stets so ist?

Zugestanden, daß die Aufnahme des Krystallisationswassers von mehr nebensächlicher Bedeutung ist, kann doch einiger Einfluß desselben nicht geleugnet werden.

Außer den Beispielen, welche in der Liste Platz gefunden haben, lassen sich noch manche andere anführen.

Vielleicht gehören zu den lehrreichsten Beispielen die beiden folgenden (sich auf Metasilicate beziehenden): 1) $SiO_3Na_2 . 8H_2O$, welchem das Symbol $\begin{matrix} 3o; -1\cdot \\ 57 \\ -1 \end{matrix}$ und 2) $SiO_3Na_2 . 5H_2O$, welchem das Symbol $\begin{matrix} 3o; +3\cdot \\ 58 \\ -1 \end{matrix}$ zukommt. Hier leuchtet ein, daß die Änderung in dem Gehalte des Krystallisationswasser eine Änderung in der Richtung der monoklinen Verschiebung verursachte unter Beibehaltung der ungewöhnlichen Annäherung des rhombischen Kernes; die Größen dieser Verschiebungen sind allerdings unbedeutend.

Für das Salz $(NO_2)_4CdK_2$ läßt sich das Symbol $\begin{matrix} 6 \\ 63\cdot \\ +2 \end{matrix}$ und für das Salz $(NO_2)_4PbK_2 . H_2O$ das Symbol $\begin{matrix} 6 \\ 63\cdot \\ +3 \end{matrix}$ ermitteln; in einer so geringen Änderung in den Winkelwerten sind zwei Ursachen verborgen: die einfache Substitution *Cd—Pd* und die Beimengung des Krystallisationswassers; die erste Ursache kann nur wenig die Winkelwerte ändern; folglich hat auch die zweite nur einen kleinen Einfluß ausgeübt.

In bezug auf andere Krystallisationsbeimengungen, im besonderen auf die von NH_3, wäre folgendes Beispiel von Interesse. Die Krystalle des bekannten Salzes $SO_4Cu . 5H_2O$ lassen sich durch das Symbol $\begin{matrix} 6; -12 \;\; 4\cdot \\ 62 \;;\; -85, \\ -6\cdot \end{matrix}$ und die des Salzes $SO_4Cu . 4NH_3 . H_2O$ durch das Symbol $\begin{matrix} 6; +9 \\ 61 \\ 0 \end{matrix}$ ausdrücken; obgleich sich ein großer Unterschied in den Verschiebungen äußert, bleiben aber der Typus und die Hauptzahl (annähernd) ungeändert.

Unter erweiterten Grenzen des Isotectonismus treffen wir noch mehrere Beispiele, welche von dem unbedeutenden Einfluß der Aufnahme des Krystallisationswassers zeugen. Für das Salz $(ClO_4)_2Pb$ haben wir das Symbol $\begin{matrix} 4o \\ 53\cdot \\ -2\cdot \end{matrix}$ und für $(SeO_4)Be . 4H_2O$ $\begin{matrix} 4o \\ 53. \\ 1 \end{matrix}$

Wenn wir somit von Beimengungen dieser Art absehen, so treffen wir in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der isotectonischen Substanzen teilweise einfache Substitutionen, sonst aber mehr oder weniger complicierte.

So haben wir schon an dem ersten Beispiel I1 die Substitution von H durch das Radical $C(OH)CO_2CH_3$ und zugleich die Substitution von $CH_2CH_2CH_3$ durch dasselbe. Zugleich kommt aber eine Complication zustande, indem zwei Atome von C in den beiden verbunden erscheinen.

Für das folgende Beispiel I2 haben wir eine Substitution, welche durch die Schreibweise

$$[C_6H_2(NO_2)_3O]_2Mn$$
$$[C_6H_2(NO_2)_3O]_2(C_4H_6NH.H)_2$$

klar gestellt wird.

In dem Beispiel I3 haben wir denjenigen merkwürdigen Fall des Isotectonismus vor uns, in welchem die Atomverbände sehr verschieden vor sich gehen.

Natürlich können solche Fälle nur bei den complicierten Substitutionen vorkommen; die Radicale Si und N einerseits, und Ca und Cs andererseits sind keineswegs gleichwertige; aber in der Ähnlichkeit von $Si + Ca$ und $N + Cs$ ersehe ich nichts wunderbares; für sie ist die Summe der Valenzen die gleiche und zwar 6.

Bei dem Beispiel I5 ist die Abweichung viel größer und zugleich die Substitution complicierter. An diesem Beispiel ist sogar schwierig zu constatieren, worin eigentlich die Substitution besteht; vielleicht wäre anzunehmen, daß N und $Ag.2NH_3$ durch Cd resp. NH_4 ersetzt werden; hier scheitert sogar die allgemeine Regel der Gleichheit der Valenzsumme der einander ersetzenden Radicale; trotzdem ist hier der Grad des Isogonismus so hoch, wie es selten für isomorphe Gruppen der Fall ist.

Das Beispiel I6 ist demjenigen III96 analog, was aus der Zusammenstellung

$$\text{einerseits} \quad \begin{matrix} SnS \\ SnS.PbS \end{matrix} \quad \text{andererseits} \quad \begin{matrix} NH_3(C_2H_5)Cl \\ NH_3HCl.CdCl_2 \end{matrix}$$

klar ersichtlich wird.

Bei den folgenden zwei Beispielen ist das Wesen der Substitution ganz klar.

Das Beispiel I9 bietet hohes Interesse dar, indem daraus folgt, ein wie großer Annäherungsgrad bestehen kann bei Substanzen, in welchen sozusagen eine Permutation in der Lage der Radicale statt hat.

An dem Beispiele I10 treffen wir wieder einen Fall der Compensation verschiedener Substitutionen.

Das Beispiel I11 ist von complicierterer Natur und wir werden darauf nicht weiter eingehen.

Im Gegensatz dazu steht das Beispiel I12 als ein typisches desjenigen da,

wo bei complicierter Substitution die Summe der Valenzen die gleiche ist. Dasselbe gilt auch für das Beispiel I13.

An dem Beispiel I14 äußert sich der Isotectonismus ganz klar.

An dem Beispiel I15 haben wir die einfache Substitution.

Dem entgegen gestaltet sich in dem Beispiele I16 das Verhältnis ziemlich compliciert.

An den übrigen Beispielen des hypohexagonalen Typus liegen die Verhältnisse ganz einfach und klar.

Da auch die Beispiele der trigonaloïden und tetragonaloïden Krystalle im großen und ganzen dieselben Verhältnisse aufweisen, so erlaube ich mir nicht darauf weiter einzugehen und nur diejenigen Fälle näher zu betrachten, in welchen etwas besonderes zum Vorschein kommt.

An dem Beispiel II7 ist nicht ganz klar, worin eigentlich die Substitution besteht; einerseits kann man dieselbe durch die Zusammenstellung

$$\begin{array}{l} CBr_3 . C\ O \quad OH \\ CH_3 . C(NO_2)_2K \end{array}$$

zum Ausdruck bringen; geleitet aber durch andere Beispiele ist vielleicht correcter dieselbe aus der Zusammenstellung

$$\begin{array}{l} CBr_3 C\ O_2 \quad H \\ CH_3 C(NO_2)_2K \end{array}$$

zu ersehen.

Das merkwürdige Beispiel II9 ist den Arbeiten und directen Hinweisen von Herrn Boeris entnommen[1]. Dieses Beispiel weist darauf hin, daß auch besondere Analogien in den chemischen Structurverhältnissen das Zustandekommen des Isotectonismus verursachen können.

Ein ähnliches Beispiel wurde auch von Herrn Billows in den Substanzen

$$CH_3 C_6H_4N : N . C_6H_4 CH_3$$
$$\text{und } CH_3 C_6H_4NH . NH . C_6H_4 CH_3$$

dargeboten[2]; für die beiden gilt das Symbol $\begin{array}{c} 6; +0 \\ 73 \cdot \\ +\frac{1}{2} \end{array}$ und die identische Formenentwickelung $\{1000\}$, $\{0121\}$, $\{1110\}$, $\{\bar{2}121\}$.

Etwas Analoges hätte man auch in den Substanzen (Bisdiphenylketazin resp. Dibenzophenonparaurazin)

$$(C_6H_5)_2C : N . N : C(C_6H_5)_2$$

1) Atti della società Italiana di Scienze naturali, Milano 1900, **39**, 111; diese Zeitschr. **34**, 298.

2) Rivista di miner. e cristall. ital. 1903, **30**, 34; diese Zeitschr. **41**, 273.

und $(C_6H_5)_2C<\genfrac{}{}{0pt}{}{NCON}{NCON}>C:(C_6H_5)_2$ mit dem Symbol $\begin{matrix} 6;4\cdot \\ 12\cdot \\ -7 \end{matrix}$

ersehen, wenn nicht dieselben eine und dieselbe (der letzteren Zusammensetzung) dargestellt hätten in identischer Formenentwickelung: $\{010\bar{1}\}$, $\{0011\}$, $\{0110\}$, $\{0121\}$, $\{110\bar{1}\}$...

Hierzu sind noch die Beispiele III48 und III72 zu rechnen, obgleich in diesen Beispielen die Verhältnisse sich noch etwas complicierterer gestalten.

Auch in diesen Fällen läßt sich die Analogie in der chemischen Constitution auf eine Substitution beziehen, aber die Operation muß viel complicierter gedacht werden.

Von besonderem Interesse ist auch das Beispiel III1 der cyklischen Constitution, obgleich der Atomverband in beiden Fällen verschieden verläuft.

An dem Beispiele III8 ersehen wir wieder eine einfache Substitution, aber das substituierende Radical selbst ist so compliciert zusammengesetzt, wie dies für Morphin der Fall ist.

Aus dem Beispiel III13 ersehen wir eine so sonderbare complicierte Substitution, wie $NH_4 + J$ (resp. $K + J$) durch As_2. Dasselbe gilt für das Beispiel III15, wo $C + O$ durch $N + J$ ersetzt sind.

Noch sonderbarer erscheint die Substitution des Beispiels III17. Hier muß angenommen werden, daß nicht nur B durch N, F durch (C_3H_7), sondern auch K durch J ersetzt werden, was allen bis jetzt herrschenden Vorstellungen widerspricht; trotzdem ist der Grad des Isogonismus der höchste, den man sich vorstellen kann und übertrifft bei weitem denjenigen, welcher im allgemeinen den isomorphen Substanzen zuteil wird und sogar die Formenentwickelung kann als die fast identische erkannt werden.

Auch in dem Beispiele III33 ersehen wir die Substitutionen Ag durch H, und O durch ein sehr compliciertes Radical.

Endlich in dem Beispiel III92 ersieht man die Substitution von O durch Ni, was freilich sehr sonderbar klingt.

Es wäre zu erwarten, daß die Anzahl solcher chemischer Analogien bei gleichzeitiger Äußerung des Isogonismus in bedeutendem Grade zunimmt, wenn die Grenzen des Isogonismus erweitert werden (wie es z. B. für I1 und I4 der Fall ist).

Aber für jetzt begnüge ich mich mit dem für den hypohexagonalen Typus gesammelten Material.

6 — 1 2,4
22· — Nitro-(1)-dijod-(2,4)-benzol $C_6H_3NO_3J_2$.
−3 — $010\bar{1}$ 0110 $110\bar{1}$ —

6 — 1,3 4,6
23· — Dinitro-(1,3)-dijod-(4,6)-benzol $C_6H_2(NO_2)_2J_2$.
−3 — $010\bar{1}$ 0110 $110\bar{1}$ 1121

---

6 — Kaliummolybdänthiocyanat $K_3Mo(SCN)_6 . 4H_2O$.
37° 50′ — 0110 1110 1000

6 — Kaliumchromithiocyanat $K_3Cr(SCN)_6 . 4H_2O$.
38° 7′ — 0110 1110 1000 (Spalt.)

6 — Kaliumselencyanoplatinat $K_2Pt(SeCN)_6 . 2H_2O$.
+38° 31′ — 0110 1110 1000

6 — Kaliumchromithiocyanat[1] $K_3Cr(SCN)_6 . 4H_2O$.
37
0 — $010\bar{1}$ 0110 $110\bar{1}$ 1110 1000

---

6 — Cäsiumnitrat NO_3Cs.
35° 30′ — 0110 0121 1110 1000 (Spalt.) ...

6 — Rubidiumnitrat NO_3Rb.
38° 59′ — 0110 0121 1110 ? 1121...

6; 4· — Jodthymol $C_6H_2CH_3OH . C_3H_7J$.
21· — $010\bar{1}$ 0110 0011 $0\bar{1}12$ $110\bar{1}$ —
+5

6; ½ — 1 3 4 6
23· — Isoamylthymol $C_6H_2CH_3OH\,i\,C_3H_7C_5H_{11}$.
−4 — $010\bar{1}$ 0110 0011 — — 1011

6; +1
22· — Strontiumnitrat $(NO_3)_2Sr . 4H_2O$.
−3 — 0110 $021\bar{1}$ 0121 $010\bar{1}$ $110\bar{1}$ —

6; −8 — Calciumnitrat $(NO_3)_2Ca . 4H_2O$.
22·
−2· — 0110 — 0121 $010\bar{1}$ $110\bar{1}$ 1121

---

6 — Kaliumäthyltartrat $C_4H_4O_6(C_2H_5)K$.
23 — $110\bar{1}$ $010\bar{1}$ 0110 1110 —
0

6; 6 0 — Lithiumammoniumracemat 3 aq
23 ; ? — $C_4H_4O_6Li_2 . 2H_2O . C_4H_4O_6(NH_4)H . H_2O$ (?).
+6 — $1\bar{1}01$ $010\bar{1}$ 0011 0110 1011 $\bar{1}011$...

---

1) Wahrscheinlich ist diese Substanz (vergl. Groth's Chem. Kryst. 2, 12) mit der zweiten (vergl. diese Zeitschr. 48, 24) identisch.

6; +5· 34· −5·	Kobaltacetat $(CH_3CO_2)_2Co.4H_2O$. 0110 1000 $\bar{1}$110 010$\bar{1}$ —
6; +3· 36 −5·	Nickelacetat $(CH_3CO_2)_2Ni.4H_2O$. 0110 1000 $\bar{1}$110 — 210$\bar{1}$
6 42· +1·	Lithiumkaliumtartrat $C_4H_4O_6KLi.H_2O$. 0110 010$\bar{1}$ 1000 1011 1110 — —
6; −½ ½ 42· ? +10·	Rubidiumantitartrat $C_4H_4O_6Rb_2.H_2O$. 0011 0110 010$\bar{1}$ 1000 — — 110$\bar{1}$ 1$\bar{1}$01
6 43°25′	Nickelin *NiAs*. 1000 0110 1110 — —
6 43°37′	Pyrrhotin *FeS*. 1000 0110 1110 0121 2110...
6 42 +½	Eisenmonoarsenid *FeAs*. 1000 0110 010$\bar{1}$ 110$\bar{1}$ —
6; −1· 45 +2·	Rubidiumplatonitrit $(NO_2)PtRb_2.2H_2O$. 0110 010$\bar{1}$ 1000 $\bar{1}$101 $\bar{1}$110
6 46 +4	Ammoniumplatonitrit $(NO_2)_4Pt(NH_4)_2.2H_2O$. 0110 010$\bar{1}$ 1000 110$\bar{1}$ 1110
6 +52°21′	Rubidiumenneabromodiantimonit $Sb_2Br_9Rb_3$. 1000 1110 110$\bar{1}$ 0110
6 +54°38′	Rubidiumenneabromodiarsenit $As_2Br_9Rb_3$. 1000 1110 110$\bar{1}$ 0110
6 61°16′	Beryllium *Be*. 1000 0110 1110 0121...
6 61°58′	Magnesium *Mg*. 1000 0110 1110 —
6 63· +2	Kaliumcadmiumnitrit $(NO_2)_4CdK_2$. 010$\bar{1}$ 1000 0110 110$\bar{1}$ 1110 210$\bar{1}$ —
6 63· +3	Kaliumbleinitrit $(NO_2)_4PbK_2.H_2O$. 010$\bar{1}$ 1000 0110 — 1110 — 110$\bar{1}$
6 68· −3·	Zinndimethylformiat $(HCO_2)_2Sn(CH_3)_2$. 1000 010$\bar{1}$ 0110 1110 —
6 68· −1·	Calciumformiat $(HCO_2)_2Ca$. 1000 010$\bar{1}$ — 1110 110$\bar{1}$

6 $80^0\,55'$	Cordylit $(CO_3)_3(CeF)_2Ba$. 1000 0110 5110 5220 — —
6 $82^0\,40'$	Parisit $(CO_3)_3(CeF)_2Ca$. 1000 — — — 1110 2110
3o $33^0\,50'$	Bromantipyrin NC_6H_5, CH_3N, CO, CH_3C, CBr 110 $0\bar{1}1$ —
3o $34^0\,52'$	Jodantipyrin NC_6H_5, CH_3N, CO, CH_3C, CJ 110 $0\bar{1}1$ $11\bar{2}$..
3o; +10 47· —5	Ammoniummagnesiumsulfat $(SO_4)_2Mg(NH_4)_2 . 6H_2O$. $10\bar{1}$ 110 310 001 $1\bar{1}0$ — —
3o; +4 47· —5·	Aethylendiaminzinksulfat $(SO_4)_2Zn\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2NH_3}{CH_2NH_3} . 6H_2O$. $10\bar{1}$ — — — $1\bar{1}0$ 101 112
3o; +4 50· $+\frac{1}{2}$	Cäsiumplatodijodonitrit $(NO_2)_2J_2PtCs_2 . 2H_2O$. 110 $1\bar{1}0$ $0\bar{1}1$ 101 —
3o; 0 2· 51; 0 +3	Rubidiumplatodijodonitrit $(NO_2)_2J_2PtRb_2 . 2H_2O$. 110 $1\bar{1}0$ $\left.\begin{matrix}0\bar{1}1\\ \bar{1}01\end{matrix}\right\}$ 101 010
3o $57^0\,6'$	Willemit SiO_4Zn_2. $1\bar{1}0$ 100 110 111
3o $58^0\,40'$	Dioptas SiO_4CuH_2. $1\bar{1}0$ 100 110 —
3d; $+\frac{1}{2}$ 61· +1	Kupfernickelsulfat $(Cu, Ni)SO_4 . 7H_2O$. 001 100 111 $\bar{1}11$...
3d; +1 62 $+\frac{1}{2}$	Manganosulfat $MnSO_4 . 7H_2O$. 001 100 111 $\bar{1}11$... (Eisenvitriolgruppe)

Wenn es also sehr oft vorkommt, daß Substanzen sich durch Isogonismus auszeichnen, welche in der chemischen Constitution große Abweichungen zeigen, so kommt auch der entgegengesetzte Fall vor, daß Substanzen von einem und demselben chemischen Typus in krystallographischer Hinsicht vollständig auseinandergehen. Sogar die nächststehenden Glieder einer isomorphen Gruppe zeigen in bezug auf die Krystallform keine vollständige Übereinstimmung, da jede Substitution durch eine Änderung in den Winkelwerten sich kund gibt.

Da aber einfache und besonders complicierte Substitutionen auf unzählige Arten denkbar sind, so hätte man von vornherein erwarten

können, daß die Abweichungswerte jede gegebene Grenze übertreffen können.

Dies kann schon durch die angegebene kurze Tabelle klargestellt werden; z. B. für die chemischen Verbindungen, deren Formel den Typus RX_2 darstellt, haben wir so verschiedene krystallographische Ausdrücke wie I18, III10, III11, III34, III50, III56, III62, III66, III81, III87, III90.

Es scheint mir von Interesse zu sein, eine möglichst zahlreiche Reihe der Substanzen aufzufinden, welche im Grunde streng einheitliche chemische Constitution besitzen. Aus allen solchen Reihen ist die Reihe der Hexachloroplatinate (resp. Stannate u. a.) die am reichsten vertretene und am besten studierte. Deswegen erlaube ich mir die Glieder dieser Reihe in krystallographischer Ordnung zusammenzustellen (natürlich außer den ebenfalls sehr zahlreichen Gliedern der kubischen Syngonie[1]).

Die Glieder dieser Reihe kommen einfach durch die Formel MX_6R_2 zum Ausdruck, und da hier in den meisten Fällen $M = Pt$ und $X = Cl$, so wollen wir, der Kürze wegen, dieselben einfach durch R charakterisieren, nur in den nötigen Fällen angebend, ob die Elemente M und X andere sind.

Wir erhalten dann für den hypohexagonalen Typus:

1) 6
16·
—6· — $CS.NH(C_2H_5)NH(C_3H_5)H$

2) 6
19
—3 — $(C_6H_{13}NH)$ (Methylpiperidin)

3) 6
19
—2· — $N(CH_3)i\,C_5H_{11}$

4) 6; 7
19
+7 — $(C_9N_4H_{11})$ (Phenyl-(1)-imido-(3)-methyl-(5)-triazolin)

5) 6; 5
21
—5· — $(NH_2.C_6H_5.C_2H_5)$ (Sn, Br)

6) 6
23
—5· — $(NH_2.C_2H_5.C_4H_9)$

7) 6
24·
—5· — $(NH.C_8H_{17})$ (Isoconiin)

8) 6; —3·
24·
—5· — $(NH_2.2C_3H_7)$ (Br)

9) 6
29·
0 — $(C_2H_4N.P(C_2H_5)_3H_3)$

10) 6
+33°3′ — $Na(Si, F)$

11) 6; +13
35
—5 — $(C_{17}H_{23}NO_3H)$ (Atropin)

12) 6; +8·
35
—4 — $(C_5H_4CH_3NOCH_3)$ (Methyloxypiridin-Methyl)

---

1) Alle Krystalle der kubischen Syngonie sind in der Arbeit »Die Krystalle der kubischen Syngonie« zusammengestellt. Durch einfache Zusammenstellung wurde der Beweis erbracht, daß diese die typischen Krystalle der unorganischen Chemie sind; die organische kennt davon fast gar nichts (Annalen des Berginstituts IV), wenn man natürlich die Verbindungen dieser Constitution, die Salze der organischen Säuren und überhaupt die organischen Substitutionen in den Typen der unorganischen Chemie zu der letzteren zurechnet. Von diesem Standpunkte aus gehören auch die ideellen Krystalle in überwiegendem Maße der unorganischen Chemie zu.

13) 6; 1·
36 $(S.3C_2H_5)$
—4

14) 6; 4 $CHN:C.CH_2Cl$
37· $\ddot{C}H\ .\ \dot{N}.C_2H_5$
—6 (Chloroxaläthylin)

15) 6
38· $(NH_2C_2H_5.C_3H_7)$
+2

16) 6
+38°31′ $Pt(CNSe)_6K_2.2H_2O$

17) 6
40 $[NH_2(CH_3)_2]\,[NH_2(C_3H_7)_2]$
0

18) 6
40 $(NH_2.CH_3.C_3H_7)$
0 u. $(NH_2.2CH_3)(NH_2.2C_3H_7)$

19) 6; 1
41· $(NH.C_5H_4Br)(+2H_2O)$
—5 (Brompyridin)

20) 6
+42°57′ $(NH_4)\left.\begin{matrix}Sn\\Ti\end{matrix}\right\}F$

21) 6; +2·
42· $(NH.CH_3.2C_2H_5)$
—6

22) 6; +0
42· $(C_8H_{13}N.CH_3)$
—2· (Isotropidinchlormethylat)

23) 6; —4
43· $(C_8H_{13}NH)$ (Granatenin)
—4

24) 6
44 $(C_8H_{13}NCH_3)$
—3· (Tropidinchlormethylat)

25) 6; —0
47· $(NC_5H_{12})\begin{pmatrix}Pt\\Sn\end{pmatrix}$ (Piperidin)
+7·

26) 6; 1
49 $(C_8H_{15}NH)$
—4· (Hydrotropidin)

27) 6
50· $K(Zr, F)$
0

28) 6; —12
51· $Ba(+4H_2O)$
—4·

29) 6; +3· 4
51·; +60 (C_5H_5NH) (Pyridin)
+3

30) 6; $-\frac{1}{2}$
53 $[N(C_2H_5)_3C_4H_9](Sn)$
—2

31) 6
53°13′ $Mg(Mn)(+12H_2O)$
53 35 $Ni(Cd)(+12H_2O)$

32) 6
53°16′
53 56
54 6
54 6
$[NH_3C_2H_5]\left\{\begin{matrix}Sn\\Pt,\ Br\\Os\\Pt\end{matrix}\right.$

33) 6; —2· 0
53·; ? $(C_7H_{13}NH)$
—5· (Norhydrotropidin)

34) 6; —6·
53· $Li(Si, F)(+2H_2O)$
+2·

35) 6; 7· $\frac{1}{2}$
54; ? $(N.C_2H_5.3C_3H_7)$
—2·

36) 6
56 $[N(CH_3)_3iC_3H_7]$
0

37) 6
56 $(C_{18}H_{17}NH)$ (Isoconiin)
+1

38) 6
57°27′ $K(CNS)$

39) 6; —0
58· $(C_8H_{13}NO_2H)(+H_2O)$ (Oscin)
+4

40) 6; —14·
59 $(NH_3.C_3H_7)\left\{\begin{matrix}Pt\\Sn\end{matrix}\right\}$
—2

41) 6; —6 $(C_5H_{11}SO_2)(+2H_2O)$
59 (Dimethyl-
+6· α-propionylthetin)

42) 6
60 $NH_4(CNSe)$
—1·

43) 6
60 $NH_4(Zr, F)$
0

44) 6
60· $(NH_3.C_4H_9)\begin{Bmatrix}Pt\\Sn\end{Bmatrix}$
0

45) 6; 0
60· $(C_5H_{13}NO.H)$ (Gossypin)
+2

46) 6

61°35′	K	Si, F
61 42	K	Ge, F
61 51	Rb	Mn, F
61 55	NH_4	Zr, F
62 11	K	Mn, F
62 20	NH_4	Si, F

47) 6
62 $K(CNS)(+2H_2O)$
—2

48) 6
62 $(NH_2CH_3.C_2H_5)$
—1·

49) 6
62 $K(CNSe)$
—1

50) 6
62°7′ $NH_4(CNS)$

51) 6
62· $(NHCH_3 2iC_3H_7)$
—6·

52) 6; +11
64 $Pt(CNS)_6Sr$
—1

53) 6; 6·
64 $[NH_3C(CH_3)_2C_2H_5]$
+6·

54) 6; 3·
67 $(C_7H_7NH_3)(Sn)(+H_2O)$
—7· (m.-Toluidin)

55) 6; —$\frac{1}{2}$
67· $[N(CH_3)_3C_5H_{11}]$
—1

56) 6; —3·
72 $(NCH_3.3iC_4H_9)$
—3·

57) 6
75°34′ $(NH_3.C_5H_{11})$

58) 6; +8
76 $[CNH.N(C_6H_5)_2NH_2.H]$
+9 (Diphenylguanidin)

59) 6; —2
80 $PtCl_6[3P(C_2H_5)_3O.P(C_2H_5)_3]$
—3 (Triäthylphosphinoxychlorid)

60) 6; —1
80 $[NH_3CH_2.CH(CH_3)_2]$
—$\frac{1}{2}$

Für die trigonaloïde und hexaëdrische Hauptstructur:

1) 3h; —1·
44· $\left[NH:C{NH_2 \atop NH(CH_3)}\right]$
+3 (Methyluramin)

2) 3h; —1· 9·
44·; +50 $[NH:C(HNC_2H_5)_2]$
+4· (Diäthylguanidin)

3) 3h; +6
45 $[NH(C_2H_5)_2C_3H_7]$
+5

4) 3h
47°37′ $(C_8H_{11}NH)$ (Isopropylpyridin)

5) 3h; —10 2
48·; +55 $Pt(CN)_4Cl_2K_2.2H_2O$
—3

6) 3h; +8 4 $(C_{14}H_{16}O_4N_2)(+H_2O)$
49 ; —30 (Isonicotinsäure-
0 methylbetaïn)

7) 3h; —$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$
49·; ? $[C_5H_4N(CH_3)H]$
+$\frac{1}{2}$ (Picolin)

8) 3h; +2
51 $CH{<}{CH:CH \atop CH.CH}{>}NH$
+$\frac{1}{2}$ (Oxypyridin)

9) 3h; —6·
59 $[C_6H_5(C_2H_5)_2NH](Sn)$
—2·

10) 3h; +4· 0 $[CNH.NH_2N(CH_3)_2H]$
56·; ? (Asym. Dimethyl-
0 guanidin)

11) 3h; —1
59 $(C_3H_7NO_2H)$ (Sarkosin)
+3·

12) 3h
59°6′ $Sn(OH)_6Na_2$

13) 3h; +2
60 — $(C_8H_5NO.H)$ (Tropin)
+1

14) 3h
62°22′ — $PtJ_6Ca.12H_2O$

15) 3h; —14·
63·
—4 — $[N(CH_3)_3CH_2CO_2H]$ $(+3H_2O)$ (Betaïn)

Für oktaëdrische Hauptstructurart:

16) 3o
36°7′ — $[(CON_2H_4)_{12}Cr_2](+2H_2O)$

17) 3o; +4
44
+3· — $SnF_6Cu.4H_2O$, $TiF_6Cu.4H_2O$, $SiF_6Cu.4H_2O$, $SnF_6Pb.4H_2O$

18) 3o; +½
50
0 — $(C_4H_9NO_2H)$ (Amidobuttersäure)

19) 3o; +2·
53·
—1 — $FeJ_6K_2.2H_2O$

20) 3o; —4·
54
—2· — $[(CH_3)(C_2H_5)(C_4H_9)S]$

21) 3o; +11
55
—1 — $[CH_2(OH)CH_2N(CH_3)_3]$ (Cholin)

22)
58° 9 — $Mg\,Br$
58 11 — $Co\,Br$
58 13 — $Zn\,Br$
58 20 — $Mn\,Br$ } $+12H_2O$
58 28 — Mg
58 31 — Mn

23) 3o; +15
63·
—2 — $(C_6H_8N_2.H_2)$ (Dimethyldiazin)

24) 3o; —½ 0
62·; ?
+2· — $[CNH(CHCH_3)_2H]$ (Sym. Dimethylguanidin)

Für dodekaëdrische Hauptstructurart:

25) 3d; —3·
45·
—2 — $[N(C_6H_5)(CH_3)_3]$

26) 3d
47° 9′ — $Fe\,J$
47 10 — $Mn\,J$
47 10 — $Zn\,J$
47 11 — $Mg\,J$
47 17 — $Co\,J$
47 19 — $Ni\,J$

27) 3d
48°26′ — $Pt(OH)_6K_2$
48 31 — $Pb(OH)_6K_2$
49 3 — $Sn(OH)_6K_2$

28) 3d; +4
47
—5 — $(C_6H_5NO_2H)(+2H_2O)$ (Picolinsäure)

29) 3d; +17
49
+½ — $[C_5H_3(CH_3)_2NH]$ (Lutidin)

30) 3d; 0 7
50; +45
—4 — (C_7H_9NOH) (Picolilalkin)

31) 3d; —7 1·
50·; ?
+2· — $(N.4C_3H_7)$

32) 3d; +18
53
—1· — $(C_6H_8N_2CH_3)$ (Methyl-dimethyl-pyrazin)

33) 3d; —14· 7·
52; —65
+3· — $[C_6H_4(NH_2)(C_2H_5)_2N.2H]$ (Diäthylparaphenylen)

34) 3d; —8
55
+4· — $[(CH_3)(C_2H_5)\{CH_2.CH(O.C_2H_5)_2\}S]$ (Methyläthylacetallylsulfin)

35) 4d; +6·
57
—5· — $[C_5H_4ClNH]$ (Chlorpyridin)

36) 3d; —2·
55
+6· — $\{(CH_3)_2[CH_2OH(OC_2H_5)]S\}$ (Dimethylacetallylsulfin)

37) 3d; +6
55·
$+\frac{1}{2}$
$[N(CH_3)_3CH_2CH_2CO_2H]$ (Homobetaïn)

38) 3d
60° 7′ $SnCl_6(NH_3CH_3)_2$
60 37 $PtBr_6(NH_3CH_3)_2$
61 2 $OsCl_6(NH_3CH_3)_2$
61 4 $PtCl_6(NH_3CH_3)_2$

39) 3d; —4
61
—1
$[N(CH_3)_3iC_5H_{11}]$ (Trimethylisoamyl)

40) 3d; +3
64
—7
$(C_8H_{13}.NH)$ (Tropidin)

41) 3d; +6
66
—2·
$(NH_2.C_3H_7iC_3H_7)$

42) 3d; +2
71·
—1
$(C_7H_7NH_2H)(Sn)$ (p-Toluidin)

43) 3d; —2
73
—1
$[(C_3H_7)_2CHNH_2H]_2$ (Dipropylcarbylamin)

Endlich erhalten wir für die tetragonaloïde und die hexaëdrische Hauptstructur:

1) 4h; —6
39·
—1
$SnF_6Li_2.2H_2O$

2) 4h; −7 1·
40·; ?
3·
$(NH.3C_3H_7)$

3) 4h; 5
44·
—4
$(C_8H_{12}N_2H)(+H_2O)$ (2.3-Methylpropylpiperazin)

4) 4h; —8
45
3·
(C_7H_9NH) (Dimethylpyridin)

5) 4h; +8 2
48; ?
4·
$PtCl_6\begin{cases}P(C_2H_5)_3\\As(C_2H_5)_3\end{cases}>C_2H_4$

6) 4h; $\frac{1}{2}$
48·
1
$[CHP_3(C_2H_5)_9]$ (Formylnonäthyltriphosphonium)

7) 4h
48°34′
$(C_5H_{13}N_2O)(+H_2O)$ (Amidoisovaleramid)

8) 4h
49·
—3·
$(C_{16}H_{32}N_2)(+2H_2O)$ (Lupinidin)

9) 4h
49·
$Be(8H_2O)$

10) 4h
52°22′ $(NH.C_2H_5C_3H_7.iC_4H_9)$
52 40 $(NH.iC_3H_7iC_4H_9)$

11) 4h
52·
—3·
$(NHCH_3CH_3C_2H_5)$

12) 4h; 1
53
—1·
$(C_{12}H_{16}N_2O.H_2)(+2H_2O)$ (Methylcytisin)

13) 4h
54°38′
$(N.4C_3H_7)$

14) 4h; —13
61
1
$(C_6H_7NH)(+H_2O)$ (Picolin)

15) 4h; −17 2
62·; 0
3·
$[C_5H_4(CH_3).NO.H](+H_2O)$ (Methyloxypyridin)

16) 4h
63·
—4·
$(C_8H_{13}NO_2H)$ (Arecolin)

17) 4h; +10· 4
65; −20
7
$(C_7H_8O_2N_4)(+H_2O)$ (Paraxanthin)

18) 4h; +7·
71·
—5
$(C_8H_{18}N_2H_2)$ (Diäthylpiperazin)

19) 4h
74·
—3
$(C_{19}H_{22}N_2O_4)(+3H_2O)$ (Chitenin)

Für oktaëdrische Hauptstructurart:

20) 40; 25; 5· — $(C_7H_{13}NO_2H)$ (Stachydrin)

21) 40; $+\frac{1}{2}$; 28; 2· — $[C_6H_5(CH_3)_2NH]$ (Sn)

22) 40; 3· $\frac{1}{2}$; 33; ?; 2 — $(C_4H_7NH$ (Pyrrholin)

23) 40; 8; 38; —7 — $(NH_2.C_3H_7.iC_3H_7)$

24) 40; +1·; 40·; 1· — $(NHC_2H_5.2iC_4H_9)$

25) 40; 42°28′ — $(NH.CH_3.C_2H_5.C_3H_7)$

26) 40; +5; 42·; 2· — $[CH.2(NC_2H_5)NH(C_2H_5)H]$ (Diäthylformamidin)

27) 40; 43°1′ — $[NC_2H_5.3(iC_4H_9)]$ (Sn, Br)

28) 40; 43·; 3· — $(NH_2.2CH_3)$

29) 40; —11 5; 44; —60; 5· — $(C_{17}H_{23}NO_3H)$ (Hyosciamin)

30) 40; 44; 7 — $(C_8H_{13}NH)$ (Tropidin)

31) 40; —16; 45; 3· — (C_6H_7NH) (Picolin)

32) 40; +4·; 45; 5 — $(NH_2.C_2H_5.iC_3H_7)$

33) 40; 2·; 46; —6· — $(C_6H_5NH_2.H)$ (Sn)

34) 40; 46·; 0 — $(PtBr_6Cu.8H_2O)$

35) 40; +1·; 46·; 1 — $(S.CH_3C_3H_7.iC_4H_9)$

36) 40; —14; 46·; 1 — $[(CH_3)_3N.CH_2COH]$ (Betaïnaldehyd)

37) 40; 46·; 5 — $[CH_2(NH_2).CH(OH)CH_2(NH_2)]$

38) 40; +11·; 48; —2· — $(NH_2.2C_3H_7)$ (Br)

39) 40; 49; 3· — $[CH_3.C_6H_4N(C_2H_5)_2H]$

40) 40; 51·; 0 — $[NCH_3.3iC_4H_9]$

41) 40; ±5·; 51·; 0 — $[CH(NCH_3)(NHCH_3)H]$ (Dimethylformamidin)

42) 40; 52·; —5· — $(C_{14}H_{30}N_4O_2)$ (Amidotrimethyl-oxybutyronitril)

43) 40; +1·; 52·; 2 — $(C_5H_{10}.C_3H_7N.H)$ Isopropylpiperidin)

44) 40; 55; —1 — $[SCH_3.2iC_3H_7]$

45) 40; 3; 55; 0 — $\left\{\begin{matrix} NHC_2H_5C_2H_5 \\ PHC_2H_5C_2H_5 \end{matrix}\right\rangle C_2H_4$

46) 40; +1·; 55; 4· — $(C_6H_4NO_2H)$ (Pipecolin)

47) 40; 1·; 56; —1 — $(C_5H_{10}C_2H_5NH)$ (Aethylpiperidin)

48) 40; —3; 56·; 1 — $[CNHNH(C_2H_5)NH(C_2H_5)H]$ (Sym. Diäthylguanidin)

49) 40; 2; 57; —1· — $[SCH_3.iC_3H_7.iC_4H_9]$

50) 40; 57·; —3· — $(N.4C_3H_7)$

51) 4o; 58°47′ — $(C_5H_{10}.C_3H_7NH)(Sn)$ (Propylpiperidin)

52) 4o; —9; 59·; 1 — $(C_8H_{17}NH)$ (Isopropylpiperidin)

53) 4o; 3; 60; 2· — $(SCH_3.2C_2H_5)$

54) 4o; 60; 3· — $(SCH_3.C_2H_5.C_3H_7)$

55) 4o; 60; 4 — $(C_{15}H_{28}N_2)(+2H_2O)$ (Sparteïn)

Für dodekaëdrische Hauptstructurart:

56) 4d; +6·; 50·; 1· — $(SCH_3.C_2H_5.iC_4H_9)$

57) 4d; 52; ½ — $PtCl_6Sn(CH_3)_2.7H_2O$

58) 4d; 7 4; 52·; +85; —6 — $[CH_3CHS(CH_3)(C_2H_5)CO_2H]$ (Methyläthylpropionylthetin)

59) 4d; +½; 52.; —3· — $[NCH_3(C_2H_5)_2C_3H_7]$

60) 4d; —1·; 52·; ½ — $(N.4C_2H_5)$; $[N(C_2H_5)_3C_3H_7]$

61) 4d; —17; 53; —½ — $(C_8H_{17}NH)(+H_2O)$ (Isoconiin)

62) 4d; 53; 1 — $(N.4C_3H_7)(Br)$

63) 4d; +2; 53; 2 — $(C_5H_{10}.iC_3H_7NH)$ (Isopropylpiperidin)

64) 4d; 53°2′ — $(C_5H_{10}.iC_4H_9NH)$ (Isobutylpiperidin)

65) 4d; 53°43′ — $(C_5H_{10}.iC_4H_9NH)(Sn)$ (Isobutylpiperidin)

66) 4d; ½; 53·; —4· — $(SCH_3.2C_3H_7)$

67) 4d; —7·; 53·; —2 — $[NH_3C(CH_3)_2C_2H_5]$ (Tertiäres Amyl)

68) 4d; 53·; 0 — $(C_5H_{11}O_2S)$ (Methyläthylthetin)

69) 4d; ½; 53·; 2 — $[NCH_3.3C_3H_7](Br)$; $[N(CH_3)_2.2C_2H_5](Br)$

70) 4d; 57; 0 — $[NH(C_3H_5)(C_3H_7)_2]$

71) 4d; 1·; 53·; 5 — $[N(CH_3)_2(C_2H_5)_2](Br, Sn)$

72) 4d; 55°1 — $(NCH_3.3C_2H_5)$

73) 4d; 55°58′; 56 9 — $(N.2CH_3.2C_3H_7)\binom{Pt}{Sn}$

74) 4d; +5·; 55·; 1 — $[NH_2.2CH_3]$. $[NH(CH_3)_2C_3H_7]$

75) 4d; +1; 56; —4 — $ZrF_6Mn.5H_2O$; $ZrF_6Mg.5H_2O$

76) 4d; —3 0; 56; ?; —1· — $(N.2CH_3.2C_2H_5(Br, Sn)$

77) 4d; —1; 56·; —2· — $(Se.3C_2H_5)$

78) 4d; 56°58′ — $(N.2CH_3.2C_2H_5)$

79) 4d; 56·; —1· — $(N.4iC_3H_7)$

80) 4d; 57°28′; 57 31 — $(N.4C_3H_7)(Br)$; $(N.2CH_3.2C_2H_5)(Br)$

81) 4d; 58°48′ — $(C_{21}H_{38}N_2O.H_2)$ (Anhydrolupinin)

82) 4d; 4
58 $(NH.C_3H_7.2iC_4H_9)$
3·

83) 4d; +3·
60· $(NH.CH_3.2C_2H_5)$
3·

84) 4d; —8
61· $(N.3CH_3.CHCH_3CO_2H)$
2 (Homobetaïn)

85) 4d; $+\frac{1}{2}$
62· $(C_8H_{17}NH)$
$\frac{1}{2}$ (Isopropylpiperidin)

86) 4d
63 $(NH_2.2CH_3)\begin{Bmatrix}Sn\\Ir\end{Bmatrix}$
$-\frac{1}{2}$

87) 4d
63 $SnF_6K_2.H_2O.$
4·

88) 4d
63· $(NH_2.2CH_3)(Rh)(+1\frac{1}{2}H_2O)$
5·

89) 4d 4d
63· —64 $PtJ_4(NO_2)_2K_2$
5 3 $PtBr_3(NO_2)_3K_2$

90) 4d; +15·
64· $(NH.3C_7H_7)$
3·

91) 4d; +13 7 $(C_5H_{11}NO_2H)$
65·; —15 (Amidoisovaleriansäure)
—3·

92) 4d; —1·
65· $SiF_6Pb.4H_2O$
$\frac{1}{2}$

93) 4d; +0
66 $(NH_2C_3H_7.iC_4H_3)$
—4 $(NH_2.2C_3H_7)$

94) 4d; +4
67 $(NCH_3.3iC_4H_9)$
—2

95) 4d; +0
67 $(NH_2C_2H_5C_5H_{11})$
—1·

96) 4d; +8
67· $(C_{12}H_{32}N_2O_2)$
4 (Diacetonalkamin)

97) 4d; +3·
68 $(N.4iC_4H_9)$
—0

98) 4d; $+\frac{1}{2}$
67· $(C_5H_4ClNH)(+H_2O)$
8· (Isochlorpyridin)

99) 4d; +1
68 $(NH.C_3H_7.2C_4H_9)$
—2·

100) 4d; —2
68· $(NH_2.2iC_4H_9)$
—5

101) 4d
68· $(NH.C_2H_5.2iC_4H_9)$
—1

102) 4d; +0
69· $(NH.C_3H_7.2iC_4H_9)$
—0

103) 4d; $-\frac{1}{2}$
69· $(N.4C_3H_7)$
1·

104) 4d; +10
70 $[NH_3.C(CH_3)_3]$
1

105) 4d; +4·
70· $(N.3C_3H_7.C_4H_9)(Sn)$
—0

106) 4d $(NH_2.2CH_3)$
70· $(NH_2.2CH_3)$ $\begin{Bmatrix}Cl\\Br\end{Bmatrix}$
$\frac{1}{2}$

107) 4d
71 $(N.4C_3H_7)(Sn)$
7

108) 4d $(C_2N_5H_6.C_6H_4.CH_3.H_2)$
71· (Orthotoluidinguanidoguanidin)
2

109) 4d
72 $(NH.3iC_4H_9)$
—1

110) 4d; +2
72 $(C_5H_{10}ClN.H)_5$
2· (Hydrochlorpyridin)

111) 4d; +6·
72· $(C_{15}H_{24}N_2OH)$
7· (rac. Lupanin)

112) 4d; +0
73· $(NC_3H_7.3iC_4H_9)$
$-\frac{1}{2}$ $(NC_3H_7.3iC_4H_9)$ $\begin{Bmatrix}Pt\\Sn\end{Bmatrix}$

113) 4d
74· $[C_5H_4(OCH_3)NH]$
3· (Methoxypyridin)

114) 4d; +13
76 $(NH_2.2iC_3H_7)$
7

115) 4d
81 $(C_{21}H_{10}N_2O_2.2C_6H_5)(+H_2O)$
5· (Aethyllupinin)

Die angegebene Tabelle beweist unwiderleglich, daß die Substanzen eines und desselben streng abgegrenzten chemischen Typus durch Krystalle von allen möglichen Typen und Modalitäten vertreten sein können, von extrem negativen bis extrem positiven, und daß also von Anfang an jeder Versuch, dieselben in bestimmte krystallographische Grenzen zu stellen, mißlingen muß.

Die zukünftigen Forschungen auf dem Gebiete der Krystallochemie sind also auf einen ganz anderen Grund zu basieren.

Vorläufig lehrt uns aber diese Tabelle, daß die Symmetriegröße nicht gesetz-, sondern nur regelmäßig mit der stärkeren Complication der in bestimmten chemischen Typen substituierenden Radicale abnimmt, so daß die triklinen Glieder dieser Tabelle hauptsächlich durch die complicierteren Glieder der chemischen Reihe vertreten sind.

Wenn wir einerseits chemisch so complicierte Substanzen wie ein Anhydrolupininderivat durch den tetragonalen Krystall (4d / 58° 48′) vertreten sehen, andererseits aber so relativ einfache Derivate wie das des Tetrapropylammoniums (3d; —7 1· / 50·; ? / +2·) und des Tripropylammoniums (4h; —7 1· / 40·; ? / 3·) durch trikline Krystalle vertreten finden, so sind diese Fälle eher Ausnahmefälle; der Grund liegt also in etwas noch Unbekanntem, was aber mit der Compliciertheit der chemischen Zusammensetzung einigermaßen verbunden ist.

X. Über einen vollkommen plastisch deformierten Steinsalzkrystall von Boryslaw in Galizien.

Von

R. Lachmann in Breslau.

(Hierzu Taf. III und 13 Textfiguren.)

Es soll in diesem Aufsatz ein sehr merkwürdiger Fall von natürlicher Plasticität an einem Steinsalzkrystall von Boryslaw zur Sprache kommen, welche aus der Sammlung des bekannten galizischen Geologen Bergrat Bartonec in Freiheitswaldau bei Troppau in den Besitz des Verfassers übergegangen ist und nicht nur wegen seiner Bedeutung für die Mineralphysik, sondern auch für geologische Fragen eine ausführliche Behandlung verdient.

Es schien durchaus notwendig, zunächst einmal den geologischen Rahmen für das Steinsalzgebilde zu entwerfen, weil nur auf diesem Wege eine vollständige Würdigung möglich ist.

Trotz der umfangreichen Literatur[1]) über Boryslaw und trotz der Hunderte von Tiefbohrungen bis zu 1700 m sind über den Aufbau des Untergrundes an dieser Stelle des Karpathenrandes nur wenige verläßliche Daten bekannt. Es hängt dies zum Teil mit der ortsüblichen Petroleumbohrtechnik zusammen, welche auf dem sogenannten Freifallverfahren aufgebaut ist und somit die für die geologische Beurteilung notwendige Gewinnung von Bohrkernen nicht gestattet.

---

1) Bis 1903 zusammengestellt bei Muck, Erdwachsbergbau in Boryslaw, Berlin 1903. Seitdem besonders:

Holobek, geologische Verhältnisse der Erdwachs- und Erdöllagerstätten zu Boryslaw und Grzybowski. Geologische Skizze der Umgebung von Schodnica. Führer zum IX. Intern. Geolog. Congr., Wien 1903.

Zuber, geologische Verhältnisse von Boryslaw. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1904, 41—48.

Bartonec, die Erdwachsablagerung Galiziens. Ergebn. der im Jahre 1902 vom k. k. Ackerbauministerium eingesetzten Commission.

Immerhin habe ich mir auf Grund der angezogenen Literatur sowie auf Grund des Vergleichs einer größeren Zahl von Bohrprofilen und nach den Aufschlüssen der Hauptwachsgrube[1]) nachfolgendes Bild von den Lagerungsverhältnissen machen können.

Die Karpathen bestehen in der Breite von Boryslaw aus mehreren parallelen Wällen aufgefalteter Kreide- und Tertiärschichten, welche mit im allgemeinen steilen nach Südwesten abfallenden Bewegungsflächen aneinander grenzen.

Über die Bedeutung dieser Störungen ist eine einheitliche Auffassung noch keineswegs erzielt. Die Uhlig'sche Schule faßt einige von ihnen als Sohlen von Überschiebungssystemen auf, welche durch einen Zusammenschub von Südwesten her die subbeskidische auf die beskidische und auf diese die subtatrische und die tatrische Decke gelegt haben. Entgegengesetzt ist die Auffassung, daß diese Trennungsflächen mehr localer Natur sind und nicht viele Meilen weit nach Süden fortgesetzt gedacht werden dürfen.

An der mit *s* bezeichneten steil einfallenden Überschiebung im Südwesten des Profils Fig. 1 grenzen nach der Uhlig'schen Auffassung beskidische und subbeskidische Zone aneinander. Wegen des steilen Einfallens,

Fig. 1.

j = Jamna-Sandstein (Eocän). *d* = Dobrotower Sandstein (oberoligocän).
o = Oligocäner Menilitschiefer. *m* = Miocäne Salzformation (Salzthon mit Sandstein).
pe = Pliocäne? Auswaschung. (»Sytycä«). *dl* = Diluvium. *s* = steile Schaufelfläche.

welches in der Tiefe als sanft verflachend anzunehmen ist, wurde für derartige Erscheinungen der Ausdruck »Schaufelfläche« in Anlehnung an die Suess'sche Bezeichnung »listrische« Flächen gebraucht[2]).

Im Hangenden dieser Überschiebung sind die oligocänen Menilitschiefer in überkippter Sattelstellung aufgeschlossen. Sie sind als ölleer bekannt und werden von den Tiefbohrungen, welche in den überschobenen Schichten des miocänen Salztons ölfündig werden wollen, überbohrt.

1) Die ich unter Führung des Herrn Bergrat Schumski befahren durfte.

2) Lachmann, Überschiebungen und listrische Flächen im westfälischen Carbon, Glückauf 1910, 203.

Diese Salztonschichten sind vor dem Rande der Karpathen zunächst zu einer steilen Mulde und weiterhin zu zwei flachen Sätteln zusammengeschoben, bei denen im Kern der nördlichsten bereits die Dobrotower Sandsteine, das oberoligocäne Liegende des Salztons bis zu geringer Tiefe hinaufgerückt werden[1]).

Während die reichen Petroleumfunde auf die südlichen Falten beschränkt sind, ist es besonders der nördliche Sattel, in dem das Erdwachs ursprünglich gangförmig vorgefunden wird. Das Profil und Grundriß Fig. 1 u. 2 belehren über das Aufsetzen dieser Erdwachsgänge im Schichtenverband.

Fig. 2.

Nordwestliche und ostnordöstliche Gänge, beide steil einfallend, durchsetzen einander.

Außer einer diluvialen Oberflächenbedeckung unterscheidet das Profil ferner noch eine mit der sogenannten Sytyca erfüllte Mulde in der Gegend der beiden nördlichen Schächte, die, falls ihre Darstellung nach Bartonec richtig ist, als Ausfüllung einer postmiocänen und prädiluvialen, also möglicherweise pliocänen Auswaschung gedeutet werden muß. Nach demselben Gewährsmann wird einer der im Profil dargestellten Wachsgänge von der Sytyca, andere vom Diluvium discordant abgeschnitten.

Für das Alter dieser Gänge ergibt sich demnach eine postmittelmiocäne, jungtertiäre Entstehung, bei welcher die Annahme wohl berechtigt ist, daß sie mit der Karpathenbildung und zwar insbesondere mit der Ausbildung der Überschiebung im Süden des Profils in ursächlichem Zusammenhang steht. Die Gänge sind nicht als Verwerfer, sondern mehr als Zerrüttungszonen ausgebildet. Muck hat einen recht hübschen Beweis dafür erbracht, daß die Gangbildung unter starkem horizontalen Druck vor sich ging. Er beobachtete (Fig. 3 u. 4, S. 140), wie ein Wachsgang zwischen die Schichtung lagergangähnliche Ausläufer von Wachs entsandte, bis schließlich der ursprüngliche Wachsgang zu einem feinen Schnitt zusammengepreßt wurde, während die horizontalen Wachslagen stark anschwollen. Durch derartige

1) Die Grenze ist hier schwer zu ziehen. Im Streichen der Boryslawer Gruben and ich in Tustanowice erst in etwa 800 m Teufe ein Vorwiegen der Sandsteine. Grzybowski legt die Grenze schon höher.

Aufschlüsse ist die besonders von Kreutz[1]) vertretene Auffassung entstanden, daß der Ozokerit eine syngenetische miocäne Bildung sei.

Man beobachtet auch (Fig. 5), wie die verticalen Wachsadern an einer stark ausgeprägten Schichtfläche horizontal verschoben sind, eine Erscheinung, welche wohl auch mit dem Aufreißen der Zerrüttungsgänge während der Karpathenüberschiebung in Beziehung zu bringen ist.

Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Die Frage nach der Entstehung des Erdwachses ist naturgemäß mit der nach der Entstehung des Petroleums verbunden. Man hat wohl versucht, den Ozokerit als eine Art von Zwischenproduct zwischen organischen Fetten und dem Erdöl aufzufassen. Mit dieser Ansicht scheint aber schwer vereinbar die große Seltenheit des Vorkommens von Erdwachs, welches man wohl auch in anderen Petroleumgegenden antreffen müßte, falls es wirklich das normale Ausgangsproduct des weit verbreiteten Erdöls vorstellt.

Naturgemäß scheint die Auffassung, daß in den geschilderten Zerrüttungsgängen seit langen Zeiten eine durch die Gangart und Luftzutritt begünstigte Polymerisation und Oxydation des Erdöls local eingetreten war, sodaß also das Petroleum das ursprüngliche ist.

Die zahlreichen Übergangsproducte vom halbflüssigen Kindebal, der sich direct aus dem Erdöl abscheidet, zum harten hochkarburierten Sprung- und Marmorwachs zeigen uns den allmählichen Fortgang dieser Bildung von Erdwachs, zeigen uns mit anderen Worten, wie das eine in das andere übergeht[2]).

Bemerkenswert ist die Beobachtung von Neubildungen von Wachs. Muck beschreibt in alten Abbauen gefundenen Ozokerit, an von früher zurückgebliebene Stücke harten gelben Wachses angeschlossen, von ganz weicher grüner Beschaffenheit, der offenbar in der Zeit des Stillstandes von unten, gegen die zurückgelassenen hohlen Räume zu nachgedrungen war[3]).

---

1) Über Bildung und Umbildung von Erdwachs und Erdöl in Galizien. Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1881, 113.

2) Muck, a. a. O. S. 47.

3) Muck, a. a. O. S. 41.

Wir haben manchen Hinweis darauf, daß ein derartiges Hinaufdringen und eine Neubildung von Erdwachs schon seit langen Zeiten vor sich geht. In Starunia sind unter gleichen Verhältnissen wie in Boryslaw diluviale Säugetiere (Elephas primigenius und Rhinoceros antiquitatis) mit Haut und Haaren in Erdwachs konserviert aufgefunden worden, und das gleiche Material kommt als »Schotterwachs« unmittelbar auf der Sohle der diluvialen Schichten bei Dzwiniacz vor.

Für das Aufreißen der Zerrüttungsgänge hatten wir eine Gleichzeitigkeit mit der Karpathenbildung für wahrscheinlich gefunden. Die diskordante Überlagerung durch die Sytyca läßt darauf schließen, daß zur selben Zeit die Imprägnation mit Kohlenwasserstoffen eingesetzt hat.

In Boryslaw ist die Durchtränkung der Schichten mit der Wachsmasse eine ganz erstaunliche. Im Bereiche der Gänge findet man nicht nur reine Wachsadern, sondern auch das Nebengestein, besonders die Sandsteine sind gleichsam Korn für Korn mit einer Wachshaut umschlossen, derart, daß die als »Lep« bezeichnete Gebirgsmasse gefördert und einem Extractionsverfahren durch heißes Wasser unterworfen werden kann.

Fig. 6.

Fig. 6 stellt einen normalen Wachsgang nach Bartonec dar; der Ozokerit ist in Form von Blättern senkrecht zum Salband abgesondert, wie etwa die Asbestfäden auf Gängen im zersetzten Serpentin.

Auch dieses Vorkommen ist wohl nur in dem Sinne zu deuten, daß die klaffenden Spalten von Petroleum gefüllt waren, das im Laufe langer Zeiten zu Ozokerit erstarrte. Keinesfalls kann es sich hier um eingepreßte aus der Tiefe stammende Wachsmassen handeln.

In der großen Mehrzahl der Fälle haben die Wachsvorkommen ein anderes Aussehen. Man beobachtet strähnige und verknetete Wachsbrocken und -Platten, die ganz offensichtlich unter starken Drucken ihre Lage geändert haben.

Von der großen Beweglichkeit des Wachses gibt die Erscheinung der sogenannten »Matka« einen anschaulichen Begriff. Damit bezeichnet man die früher nicht ungewöhnliche Erscheinung, daß plötzlich am Boden der

Schächte aus kaum wahrnehmbaren Fugen das Wachs hervortrat und mit großer Geschwindigkeit 100 m tiefe Schächte bis zum Schachtkranz hinauf erfüllte.

Fig. 7.

Verschiebung und Verdrehung eines Schachtes in Boryslaw nach Muck.

Durch derartige Beobachtungen erhält man einen Hinweis auf den starken Gebirgsdruck, unter dem zweifellos heute noch die Boryslawer Zerrüttungszonen stehen. Mag auch sein, daß der unsinnige Raubbau in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, durch den eine allmähliche Massenbewegung in der Richtung des Ausraubungscentrums entstanden ist, wesentlich zur Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit der Gebirgsmassen beigetragen hat, aber wenn wir hören, daß ganze Schächte bis 360° und darüber spiralförmig verdreht wurden (s. Fig. 7), daß gewalzte Bohrrohre wie Strohhalme zerdrückt und die stärksten Zimmerungen wie Streichhölzer zerbrochen und zerrieben wurden selbst in den geringen Teufen, in denen der Bergbau bis heute umgeht, so kann man wohl nicht umhin, wenigstens innerhalb der Gänge auch heute noch einen horizontal gerichteten Druck als wirksam anzunehmen.

Erst neuerdings hat der rationellere Bergbau gelernt durch Verlegung der Abbau- und Vorrichtungsstrecken ins Nebengestein den Gefahren des Gebirgsdruckes zu entgehen.

Auf Fig. 6 sehen wir nun das Zusammenvorkommen von Erdwachs und Steinsalz. Auch letzteres ist natürlich auf zweiter Lagerstätte und annehmbarerweise aus den miocänen Salzsedimenten durch Lösung und Wiederabsatz in den Spalten gleichzeitig mit dem Petroleum gebildet zu denken.

Zuber berichtet, daß in den Strecken zusammen mit den meterlangen Erdwachssträngen stark deformierte Salzstücke aus den Klüften momentan herausgepreßt werden[1]), und was heute durch den Eingriff des Menschen geschieht, ist offenbar auch früher in diesem seit der Miocänzeit stark zerpreßten und durch Einschübe von Kohlenwasserstoffen immer aufs neue in ihrem Gleichgewicht gestörten Gebirgsmassen des öfteren vorgekommen.

In den heute in Abbau befindlichen westlichen Gängen von Boryslaw wird Steinsalz nach meinen Erkundigungen nicht mehr gefunden, auch habe ich über Ort und Art des zu beschreibenden Steinsalzkrystalls nichts Näheres erfahren. Ich kann also auf Grund der vorstehenden Ausführungen nur aussagen, daß dieses eigentümliche deformative Präparat, allseitig von Ozokerit eingeschlossen, in einem der östlichen Boryslawer Zerrüttungsgänge unter Umständen angetroffen worden ist, welche auf einen außerordentlich starken aus Südwesten wirkenden und seit der oberen Miocänzeit bis vielleicht in die Gegenwart anhaltenden horizontalen Gebirgsdruck schließen lassen.

Das Lagerbild von Bartonec macht ferner wahrscheinlich, daß das Steinsalz mit dem umhüllenden Erdwachs dort wo es nicht deformativ verschoben ist, bald nach Aufreißung der Gangklüfte, wahrscheinlich also noch zur Miocänzeit sich gebildet hat.

Das auf Taf. III, Fig. 1—4 photographisch abgebildete Object hat eine Höhe von 59 mm und ein Gewicht von 22 g. Es ist von hellklingender, überaus fester Beschaffenheit und besitzt eine milchigtrübe, durchscheinende Färbung, die an manche Sorten von Milchglas oder noch besser an die alten »verblindeten« Glasgefäße aus der Römerzeit erinnert. Die Trübung wird nur zum Teil durch Zerstörung der inneren Krystallstruktur bei der Deformation erklärt, hauptsächlich ist sie auf eine oberflächliche Anätzung zurückzuführen, die wohl mehr durch die Aufbewahrung in freier Luft, als durch Auslaugungen im Wachsgang herbeigeführt sein mag.

Eine Trübung des Materials ist ferner dadurch hervorgerufen worden, daß die Rillen des Objects, besonders am Fuße, durch grünbräunliches Erdwachs ausgefüllt sind. Es sind dies die Reste einer früher offenbar allseitigen Umhüllung, welche der Finder vorsichtig, aber nicht vollkommen entfernt hat. Das einhüllende Wachs zieht sich besonders in den tiefen Rillen, die auf den Photographien deutlich hervortreten ins Innere des Krystalls hinein. Außerdem schließt dieser einzelne dunkle Flocken des gleichen Materials ein, welche in Schnüren in der Längsachse des Objects aneinander gereiht sind.

Was diese Einschlüsse anlangt, die mit der Umhüllung nicht in Zusammenhang stehen, so glaube ich sie als ursprünglich dem noch nicht

1) Zuber, a. a. O. S. 43.

deformierten Steinsalzkrystall eingewachsen deuten zu können. Spricht doch auch Kreutz von Blöcken von körnigem Steinsalz, die er (vor 1881) aus einem ca. 70 m tiefen Schachte in Boryslaw heraufgebracht habe, und welche »häufigere Bitumenflocken (wohl Erdwachs)« einschlossen[1]).

Unser deformierter Krystall (vergl. Taf. III) hat als Ganzes die Form eines in einer Raumspirale gewundenen Kegels, welcher von der Basis bis zur nadelförmig fein auslaufenden Spitze eine gleichmäßige Verjüngung aufweist.

Man kann drei Hauptteile unterscheiden: eine basale Krystallgruppe (Taf. III, Fig. 1), eine weit und in einer Ebene gebogene Mittelpartie (Fig. 2) und endlich die scharf gewundene Spitzenschleife (Fig. 3).

An der jeweiligen Außenseite der Krümmung gemessen, reicht der erste Teil bis 15, und der Mittelteil bis 70 mm, während die Endschleife etwa von 103 bis zur Spitze bei 171 mm ausgebildet ist.

Etwa 50° beträgt die Knickung zwischen der Achse der Krystallgruppe und der Ebene des Mittelteiles.

Dieser ist in einem Winkel von etwa 100° gebogen, bei welcher Biegung der innere Krümmungsradius 10, derjenige der Außenkante 25 mm beträgt.

Die Spitze ist um mehr als eine volle Windung, im ganzen um etwa 540°, gebogen. Hierbei beträgt der innere Krümmungsradius zu Anfang 9, an der Spitze nur noch 0,5 mm; der äußere bezw. 20 und 1,6. Die beiden Hauptebenen, die des Mittelteils und der Endschleife, sind unter einem Winkel von 80° gegeneinander geneigt.

Die Krystallgruppe an der Basis ist ganz besonders durch die oben erörterte Corrasion angegriffen, welche sämtliche Kanten und Ecken der als Würfel ausgebildeten Krystallindividuen abgerundet hat (Taf. III, Fig. 1).

Die zum Teil nur noch undeutlich erkennbaren Krystalle schließen sich treppenförmig zurücktretend an einen am weitesten vortretenden Grundkrystall an, dessen Grundfläche die Dimensionen 5 zu 7,5 mm besitzt.

Diese Basiskrystalle sind offenbar deshalb für die Form des Steinsalzobjects von großer Bedeutung, weil von ihren Kanten einige der auf den Photographien deutlich erkennbaren Rippen ausgehen, welche sich der Länge nach bis zur Spitze, gelegentlich durch Nachbarrippen verdrängt, hinziehen.

Zwischen den Rippen zeigen sich Rillen als Skulptur an der Oberfläche des Präparates, welche sich an manchen Stellen zu ziemlich tief eingreifenden Hohlkehlen zusammenfügen.

Zum Zwecke einer genaueren Beschreibung wurden an charakteristischen Stellen zwischen der Spitze und der Basis des Mittelstückes 7 Querschnitte

1) Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1881, 32.

A bis G durch die Salzspirale hindurch gelegt und nach Abmessung mit einer Mikrometerschraube in zehnfacher Vergrößerung auf Millimeterpapier übertragen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Querschnitte sind so gezeichnet, daß auf der rechten Seite die innere Krümmung der Spirale gelegen ist. Man hat sich also bei jedem Querschnitt die Spitze hinter und die Basis vor der Querschnittsebene gelegen zu denken.

Die Querschnittstabelle enthält die nachfolgenden Angaben: die Querdurchmesser a und zwei möglichst charakteristische Höhendurchmesser b und c annähernd senkrecht zu diesem in hundertstel mm. Ferner die Querschnittsfläche q in hundertstel qmm, in zehntel mm den Querschnittsumfang und endlich die Länge l, d. h. die Entfernung des Querschnittes von der Spitze in mm.

A. $a = b = c = 0,6$; $u = 2,5$.
$q = 0,3$ mm²; $l = 0$.

B. $a = 3,06$; $b = c = 3,64$.

Fig. 8.

$q = 6,75$ mm².
$u = 11,2$.
$l = 12$.

C. $a = 5,45$; $b = c = 4,75$.

Fig. 9.

$q = 12,75$ mm².
$u = 15,8$.
$l = 32$.

D. $a = 10,50$; $b = 8,30$; $c = 7,10$.

Fig. 10.

$q = 63,25$ mm².
$u = 32,2$.
$l = 68$.

E. $a = 12,50$; $b = 8,90$; $c = 11,30$.

Fig. 11.

$q = 76,75$ mm².
$u = 39,2$.
$l = 100$.

F. $a = 14{,}10$; $b = 11{,}80$; $c = 11{,}10$.

Fig. 12.

$q = 105{,}50$ mm².
$u = 45{,}5$.
$l = 122$.

G. $a = 14{,}90$; $b = 10{,}8$; $c = 11{,}60$.

Fig. 13.

$q = 124{,}50$ mm².
$u = 48$.
$l = 153$.

Man beobachtet zunächst, daß die stärkste Umfangszerschlitzung (die größte Reibung) auf der rechten (inneren) Querschnittsseite gelegen ist.

Außerdem sind mit der Bezeichnung H_1, H_2 und H_3 die wichtigsten Hohlkehlen am Umfang der Querschnitte gekennzeichnet, von denen oben gezeigt worden war, daß sie durch ein Zusammentreten der Rillen sich gebildet haben.

Die Hohlkehle H_1 ist bei Querschnitt B auf der inneren Seite ausgebildet und bei Querschnitt C nach rechts oben verschoben. Dafür hat sich H_2 rechts unten angelegt, welche bis zum Querschnitt D unter starker Vertiefung nach oben gewandert ist.

Im Querschnitt E sehen wir die bei D eben unten entstandene Hohlkehle H_3 bis fast zur Innenseite gerückt, während H_2 stark verflacht erscheint.

Zwischen Querschnitt E und F tritt ein Gleichgewicht in der Verteilung der Hohlkehlen ein, indem die allein noch deutlich ausgebildete Kehle H_3 sich auf der Innenseite der Windung hält.

Man beobachtet also, und zwar besonders in dem Teil zwischen C und E, d. h. auf der Strecke zwischen der Endschleife und dem Mittelteil, auf welcher die Hauptverschiebung der beiden Windungsebenen um 80° sich abspielt, ein Wandern der Hohlkehlen im umgekehrten Sinne des Uhrzeigers bei der gewählten Betrachtung der Schnitte. Auf der gleichen Strecke verschiebt sich aber die zur Krümmung orientierte Schnittebene im Sinne des Uhrzeigers.

Es läßt sich also beobachten, daß die spiralige Drehung der Hauptrillen in der skulpturierten Oberfläche der räumlichen Drehung der Hauptkrümmungsebene des deformierten Objects entgegengesetzt ist. Es stellt

dies ein mechanisches Analogon dar zur Axendrehung einer Kugel, welche einen Lauf mit Drallgewinde passiert hat.

Alle diese Einzelheiten der äußeren Riefung, sowie der Längsanordnung der Wachseinschlüsse sind nur durch eine einzige Vorstellung erklärbar, die wohl jedem sogleich einfällt, der die beigegebenen Abbildungen betrachtet. Der vorliegende Steinsalzkrystall ist in vollkommen plastischem Zustand mit der Spitze bei *A* voran aus einer kreisförmigen sich erweiternden Düse, wie Ton aus dem Mundstück einer Ziegelpresse herausgedrückt worden. Die Krystallgruppe an der Basis zeigt uns den nur noch gering deformierten nachgeschobenen Rest des Krystalles.

Diese Deutung wird noch durch zwei weitere Umstände erhärtet: durch die Beschaffenheit der Bruchflächen und durch die eigentümliche Gesetzmäßigkeit im Dickenwachstum des Objectes.

Man muß sich vorstellen, daß der Krystall ursprünglich mit einer Kantenlänge von etwa 2 cm im Innern eines der durchschnittlichen Wachsgänge von einigen dcm Breite eingeschlossen gelegen hat; daß dann dieser Gang bei einem der wiederholten Gebirgsbewegungen von einer klaffenden Spalte aufgerissen und ganz plötzlich das Wachs mit dem Steinsalzeinschluß nach Art einer »Matka« in den neu gebildeten Hohlraum hineingepreßt wurde[1]).

Es war also das Steinsalz allseitig im Wachs eingebettet und daher unter vollkommenem Wasserabschluß in dem Augenblicke, als es durch die soeben aufgerissene Kluft unter gewaltigem horizontalem Druck in einen neuen Hohlraum hinübertreten mußte.

Immerhin war die schützende Wachshülle bei der Deformation so stark, daß wir heute von einer Einwirkung der Querschnittsform der Gesteinsspalte auf den Steinsalzkrystall nichts wahrnehmen können. Wäre es denkbar, daß das Steinsalz ohne Wachsumhüllung deformativ durch eine Spalte hindurchgepreßt wäre, so müßten wir nicht einen runden, sondern einen blattförmig gestreckten Querschnitt vor uns sehen, wie bei manchen Wachsplatten.

Im Schutze des Wachses konnte hingegen der Krystall die nur aus seiner eigenen Beschaffenheit heraus erklärliche Form annehmen, die an dem Objecte zu beobachten ist.

Das Steinsalzgebilde zeigt nämlich, wie sich beweisen läßt, eine geradezu mathematische Idealform, insofern, als die Dickenzunahme von Querschnitt zu Querschnitt deutlich abhängig ist von den Verhältnissen der jeweiligen Reibung.

---

1) Es kann sich auch um die einfache Ausquetschung eines Wachsganges zu einem Lagergang gehandelt haben, wie bei Fig. 3 und 4.

Maßzahlen des deformierten Krystalles.

Schnitt	1. Schnittlänge (l) in mm	2. Querschnitt (q) in mm²	3. Umfang (u) in mm	4. Querschnitts-zunahme $\left(\frac{q-q_1}{l-l_1}\right)$	5. Absolute Reibungszahl $\left(\frac{q}{u}\right)$	6. Reibungszahl eines Kegels G $\left(\frac{Qg}{Ug}\right)$	7. Relative Reibungszahl $\left(\frac{q}{u}-\frac{Qg}{Ug}\right)$	8. Wachstum im Verhältnis zur Reibung $\left[\left(\frac{q-q_1}{l-l_1}\right):\left(\frac{q}{u}-\frac{Qg}{Ug}\right)\right]$
A	0	0,3 ?	2,5	—	0,12 ?	0	0,12 ?	—
B	12	6,75	11,2	0,537	0,60	0,20	0,40	1,34
C	32	12,75	15,8	0,30	0,81	0,54	0,27	1,11
D	68	63,25	32,2	1,53	1,95	1,16	0,79	1,94
E	100	76,75	39,2	0,442	1,96	1,70	0,26	1,17
F	122	105,50	45,5	1,31	2,32	2,08	0,24	[0,57]
G	153	124,50	48	0,61	2,6	2,6	—	—

Dies ergibt sich aus der vorstehenden Tabelle, in der zuerst in den Querschnitten A bis G die Entfernung von der Spitze l, der Flächeninhalt q und der Umfang u angegeben ist.

Die vierte Kolonne zeigt den Größenzuwachs oder die Querschnittszunahme je mm Länge zwischen den einzelnen Schnitten und Kolonne 5 den absoluten Betrag der Reibung, ausgedrückt durch das Verhältnis von Querschnitt zu Umfang.

Offenbar ist es nicht diese absolute Reibungszahl, welche die Düsenerweiterung bewirkt (sonst müßte der Querschnitt stets der gleiche bleiben), sondern eine relative Reibungszahl, die in Kolonne 7 dadurch erhalten ist, daß die Reibungszahl eines Kegels mit der Spitze bei A und mit einer Basis wie bei G von der absoluten Reibungszahl in Abzug gebracht ist.

Falls die Messungen von Umfang und Querschnitt eine größere Genauigkeit beanspruchen könnten, als es an unserem Objecte naturgemäß der Fall sein kann, so würde es sich verlohnen, die recht komplicierten Gesetze der höheren Reibungsmechanik in Anwendung zu bringen. Zur mechanischen Erklärung der Form unseres Steinsalzgebildes genügt aber der nach vorstehender Rechnungsweise in Kolonne 8 geführte Nachweis, daß zwischen Schnitt B und E (Schnitt F nähert sich bereits zu sehr G, um Abweichungen von einem Idealkegel zu zeigen) das Verhältnis von Wachstum zur relativen Reibungszahl offenbar konstant bleibt. In denjenigen Querschnitten nämlich, in denen eine geringe Oberflächenentwickelung und somit geringe Reibung herrscht (Profil B und D Kolonne 7), tritt gleichzeitig der stärkste Dickenzuwachs ein (Kolonne 2).

Es ist also die Form des Objects keine willkürliche, sondern eine notwendige, d. h. sie würde sich unter den gleichen einfachen Verhältnissen einer Formbeeinflussung nur durch die äußere Reibung zwischen Steinsalz und Ozokerit bei der vermuteten Entstehungsweise unter starkem Gebirgsdruck jederzeit wiederholen.

Um ein Bild von der Innenstructur zu erhalten, habe ich den Krystall zunächst nur an der Basis durchgebrochen, während die Anfertigung eines Dünnschliffes die Zerstörung der Form nach sich gezogen hätte.

Der Bruch erforderte einen erheblichen Kraftaufwand und die Trennungsfuge suchte sich in der Längsrichtung auszubilden.

Die Bruchfläche ist bei starker Vergrößerung in der letzten Photographie Taf. III abgebildet. Man sieht eine verhältnismäßig große spiegelnde Bruchfläche und hinter ihr, treppenförmig zurückspringend, mehrere kleinere, in parallelen Ebenen, aber mit den Querreißflächen nach rechts oben im Sinne der Axendrehung des Objectes verschoben. Die größte Spaltfläche verläuft etwa parallel dem Durchmesser b im Querschnitt G (s. die Figur auf S. 146).

Erst an der Bruchfläche lernt man die volle Bedeutung der ober-

flächlichen Rillen und Furchen kennen. Von jedem der unmerklich gegeneinander verschobenen Krystallteile — es sind scheinbar nur würfelförmige Bruchstücke des Krystalles, welche gegeneinander verschoben sind — geht eine mehr oder minder ausgesprochene Gratlinie an der Oberfläche des Gebildes aus.

Man sieht auf den Abbildungen, wie weiter an der Spitze, besonders beim Schnitt *E*, Bruchstücke von Würfeln mit anschließenden Gratlinien aus dem Fluß der Hauptmasse heraustreten.

Es scheint also, daß ursprünglich ein regelmäßig ausgebildeter Krystall vorlag, welcher unter voller Wahrung des äußeren Zusammenhanges (rein plastische Deformation) in kleinste Würfelstücke zerdrückt ist, die dann bei Annahme der neuen Form aneinander vorbeigeglitten sind. Hierbei hat die Festigkeit und Durchsichtigkeit des Materials nur wenig gelitten.

Die Argumente dafür, daß die Deformation durch ein Herauspressen des Ausgangskrystalles aus einer sich erweiternden, mit Ozokerit gefütterten Düse vor sich gegangen ist, sind die folgenden:

1) Das Auftreten von längsgezogenen Schnüren von Erdwachs im Innern.

2) Das Entlanglaufen der äußeren Skulpturen an der Oberfläche.

3) Die Axendrehung des Salzstranges in der Richtung des engeren Querschnittes.

4) Die Biegung der Hauptkrümmungsebene, entgegengesetzt dem drallartigen Spiralverlauf der Hauptfurchen.

5) Die Gesetzmäßigkeit im Dickenzuwachs, welche nur von den Verhältnissen der Oberflächenreibung abhängig ist.

6) Die Zusammengehörigkeit der Spaltflächen auf dem Bruch mit den Striemen an der Oberfläche.

7) Das Zurücktreten der Bruchfestigkeit in der Längsrichtung.

Breslau, den 1. August 1912.

XI. Versuch einer Einteilung der ostalpinen Minerallagerstätten.

Von

Joh. Koenigsberger in Freiburg i. B.

Vor einem Jahrhundert ging das Studium der Mineralien mit dem ihres Vorkommens in der Natur Hand in Hand. Das zeigen für die Alpen die Arbeiten von Saussure, Lusser, Lardy u. a. Allmählich aber lenkte die Fülle neu gewonnener krystallographischer, optischer, chemischer Erkenntnis die Mineralogen von dem Studium der Lagerstätten ab.

Nur bei den nutzbaren Mineralien haben die Wünsche der Praxis die sorgfältige Erforschung der Naturvorkommen, namentlich der Erzlagerstätten, beschleunigt; wir sind jetzt über deren Lage, Form und Entstehung recht gut unterrichtet.

Nach einer langen Pause, von etwa 1830 bis 1862, heben erst die Forschungen von G. vom Rath[1]) die Kenntnis alpiner Minerallagerstätten auf eine moderne Grundlage. 1886 hat P. Groth[2]) den seit 1860 wesentlich erweiterten Gesichtspunkten der Mineralogie und Petrographie entsprechend die Mineralfundorte der Dauphiné eingehend beschrieben. Seine Schlußfolgerungen passen für alle Minerallagerstätten des alpinen Typus. Danach ist die Kenntnis der letzteren in dem französischen Teil der Westalpen durch A. Lacroix[3]) wesentlich gefördert worden. In den schweizerischen Alpen sind östliches Aare und Tessinermassiv vom Verf.[4]), das Binnental von H. Desbuissons[4]) studiert worden.

Über die Minerallagerstätten der Ostalpen sind wir weniger unterrichtet.

---

1) G. vom Rath, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1862, **14**, 369.

2) P. Groth, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. München 1886, **15**, 371. Ausz. diese Zeitschr. **13**, 93.

3) Vergl. insbesondere A. Lacroix, Minéralogie de la France et de ses colonies, Paris 1901 bis 1910.

4) Vergl. Anm. 3 und 4, S. 153.

Sehr schönes Material zu Studien über die Paragenese ostalpiner Mineralfundorte ist durch die Herren P. Groth, E. Weinschenk, F. Grünling für die Kgl. Bayerische Staatssammlung in München gesammelt und übersichtlich geordnet worden.

Die Angaben in den älteren Schriften von Liebener und Vorhauser[1]), von M. Stotter u. a. beruhen zum Teil auf eigenen Beobachtungen, zum Teil aber auch auf Angaben von Mineraliensammlern.

Das »Mineralogische Lexicon des Kaisertums Österreich« von F. v. Zepharovich und die an sich vorzüglichen Beschreibungen der Mineralien des Herzogtums Salzburg von E. Fugger, der Rauris von F. Berwerth und F. Wachter verfolgen andere Zwecke als das Studium der Minerallagerstätten in der Natur. Nur das Fassatal macht eine Ausnahme. Die Petrographen und Geologen, denen wir Schriften über diese Gegend verdanken, haben — es seien nur G. vom Rath, F. v. Richthofen, C. Doelter, W. C. Brögger erwähnt, — nebenbei viele Minerallagerstätten gesehen und beschrieben. — 1896 hat E. Weinschenk[2]) zuerst vom modernen Standpunkt aus die Minerallagerstätten des Groß-Venediger untersucht. Wenn ich auch in manchen Punkten anderer Ansicht bin, so möchte ich doch die große Bedeutung dieser sorgfältigen Beobachtungen betonen. Sie sind merkwürdigerweise bis jetzt die einzigen detaillierten Untersuchungen ostalpiner Minerallagerstätten geblieben. Einen kurzen allgemein verständlichen Überblick über die alpinen Mineralien hat P. Groth[3]) 1894 gegeben. Auf die von ihm besonders betonte Tatsache der Seltenheit einzelner Mineralien werden wir später (S. 158) eingehen.

Der Verf. hat vor vielen Jahren und neuerdings zusammen mit Herrn K. Endell zur Vergleichung mit Beobachtungen in den Westalpen die Ostalpen bereist. Im Aar-, Gotthard- und Tessinermassiv konnten die meisten Orte der in den letzten 100 Jahren gemachten Funde noch festgestellt werden; in den Ostalpen ist es für ein Detailstudium in vielen Gegenden jetzt zu spät. Die Mineralfundorte sind erschöpft. Sie sind zu spärlich, als daß neue anderswo als an der Oberfläche aufgesucht würden. Selbst in mineralreichen Stellen des Zillertalgneiß kommt eine etwas größere Mineralkluft auf rund 10 Millionen cbm. Krystallsucher gibt es in vielen, früher mineralreichen Tälern nicht mehr. Der folgende Überblick kann daher selbst die Haupttypen nicht vollständig und gleichmäßig behandeln. — Von der Darstellung der Succession durch Diagramme wurde hier abgesehen. In erster Annäherung kann man die in C. Doelter's Handbuch der

---

1) Betr. Literatur vergl. Paragenesis der Silicate in C. Doelter, Handbuch der Mineralchemie Bd. II, Abt. 1, Dresden 1912.

2) E. Weinschenk, diese Zeitschr. 1896, **26**, 337.

3) P. Groth, Mitt. d. Deutsch-Österr. Alpenvereins 1894, Nr. 13 und 14.

Mineralchemie für den betreffenden Typus gegebenen Diagramme[1]) verwenden. Eine genauere Darstellung müßte für die einzelnen Typen möglichst viele in den Sammlungen (insbesondere in München, Wien, Salzburg) enthaltenen Stufen eines Fundortes verwerten. Die analogen[2]) Vorkommen in den Westalpen sind nur erwähnt. Soweit sie in der Dauphiné liegen, sei auf die Abhandlung von P. Groth, für das Binnental auf das Buch von H. Desbuissons[3]), für das östliche Aarmassiv und das Tessinermassiv auf Arbeiten des Verfs.[4]) verwiesen.

Krystallflächen, chemische Eigenschaften usw. sind im folgenden nicht angegeben; man braucht da meist nur in dem Handbuch der Mineralogie von C. Hintze nachzusehen. Ich habe zu dem Zweck die Fundortsbezeichnung, wenn Hintze nicht die gleiche gibt, überall da beigefügt, wo für mich über die Identität des Fundorts kein Zweifel bestand.

Einteilung.

I. Primäre Gesteinsmineralien.

II. Primäre Drusenmineralien. (Protopneumatolitisch).
- a) Typus Seiseralp.
- b) Typus Theiss.

III. Mineralien der Contactlagerstätten (Gesteins- und Drusenmineralién). (Protocontact).
- A. Tiefengesteine. (Protocontactmagmatisch).
  - a) Typus Lago Usel.
  - b) Typus Toal della Foja.
  - c) Typus Lisenser Tal.
- B. Ergußgesteine. (Protocontactpneumatolytisch).
  - a) Typus Mahlknechtjoch.
  - b) Typus Schlern.

IV. Mineralien der Erzlagerstätten. (Epigenetisch-mineralisch).

V. Mineralien der alpinen oder Dynamometamorphose. (Epigenetisch-dynamometamorph).
- A. Gesteinsmineralien.
  - a) Typus Talggenköpfe.
  - b) Typus Wolfendorn.

---

1) Vergl. S. 152, Anm. 1.

2) Unter analogen Vorkommen sind solche verstanden, bei denen nicht nur die gleichen Mineralien, sondern diese auch in derselben krystallographischen Ausbildung, relativen Größe, Farbe und Succession vorkommen, also denselben Habitus besitzen. Dann ist auch das Gestein dasselbe oder verwandt.

3) H. Desbuissons, La Vallée de Binn, Lausanne 1909.

4) Geologische und mineralogische Karte des Aarmassivs, Freiburg i. Br. 1910. Die Beobachtungen im Gotthardmassiv usw. sind nicht veröffentlicht. Tessinermassiv: N. Jahrb. f. Min. usw. 1908, Beil.-Bd. **26**, 488. Ausz. diese Zeitschr. **49**, 400.

c) Typus Rothenkopf.
d) Typus Roßrücken.
e) Typus Pfitscher Joch.
f) Typus Smaragdpalfen.

B. Kluftmineralien.

I. Saure Gesteine (Tiefengesteine und krystalline Schiefer) und deren Contacte.

a) Typus Floitental.
b) Typus Saurüssel.
c) Typus Eichamwand.
d) Typus Grieswies.

II. Basische Gesteine und deren Contacte.

a) Typus Hochfeiler.
b) Typus Pfitscher Joch.
c) Typus Knappenwand.
d) Dynamometamorph umkrystallisierte Contactmineralien. Burgumer Alp.

III. Sedimente.

a) Typus Schmirn.
b) Typus Iseltal.

I. Primäre Gesteinsmineralien.

Mineralien von Tiefengesteinen sind in den Ostalpen nur selten als mineralogische Vorkommen von besonderer Bedeutung. Das hängt mit der starken Zertrümmerung in der nördlichen und mittleren Zone der Ostalpen zusammen.

Pegmatite fehlen zwar in den Alpen nicht, aber sie sind ebenso selten wie pneumatolytische Contacte der Tiefengesteine mit Mineralisatoren. Das ist ein Characteristicum aller Gneißintrusionen und der ihnen bald nachfolgenden Granitdurchbrüche; stets überwiegen die aplitischen Gänge. Zahlreicher sind die gut erhaltenen Pegmatite außerhalb der Ostalpen im Veltlin. Erwähnenswert sind in den Ostalpen pegmatitische aplitische Randzonen im Granit des Groß-Venediger, die an der Abichlalp[1]) im Unter-Sulzbachtal Orthoklas, Quarz, Muscovit und blauen Beryll führen. Alle sind ebenso wie die Tiefengesteine zertrümmert.

Von Ergußgesteinen haben die des Fassatals beachtenswerte Mineralien geliefert. Bekannt ist der schwarze Augit von Bufaure im Augitporphyr, der rote Orthoklas im Liebneritporphyr bei Predazzo.

---

1) E. Weinschenk, l. c. S. 492 und eigene Beobachtungen des Verfs.

II. Primäre Drusen in Gesteinen.

Drusen in Tiefengesteinen und Pegmatiten fehlen fast völlig aus den oben S. 154 erwähnten Gründen.

Die Drusen in den Ergußgesteinen haben in den südlichen Ostalpen besonders im Fassatal viele schöne Mineralien geliefert. Wie überall sind nur die basischen Gesteine, die Augitporphyrite, Melaphyre usw., drusenreich. In den Quarzporphyren, z. B. der Bozner Quarzporphyrdecke, sind Lithophysen, wie sie in anderen Gegenden vereinzelt auftreten, äußerst selten.

Wir können nach den vorwiegenden Mineralien drei Haupttypen von Mineralvorkommen unterscheiden: die Chalcedon-Quarzdrusen, die Zeolith-, und die Calcit-Quarzdrusen. Ein Analogon in den Westalpen fehlt, weil dort kein unverändertes basisches Ergußgestein erhalten ist. Für die ersten finden wir Analoga in den Melaphyren des Nahetals und von Uruguay, für die zweiten in den Basalten von Skye, von Böhmen usw.; den dritten ähnliche Lagerstätten sind mir nicht bekannt.

Die Ansichten über die Entstehung dieser Mineralien gehen sehr auseinander. Forscher wie F. von Richthofen[1]) und neuerdings A. Lacroix[2]) sind der Ansicht, daß die Bildung von Zeolithen in basischen Gesteinen ein dauernder jetzt noch stattfindender Proceß ist. Dem Verf. scheint das aber aus folgenden Gründen unmöglich:

1) Die Zeolithe zeigen eine bestimmte einmalige Succession und ausgebildete Krystalle. Die wiederholte Succession wie bei Erzgängen fehlt den Zeolithdrusen. Mineralien, die sich jetzt wirklich noch bilden, wie Aragonit, Eisenoxydhydrate, Malachit usw. zeigen einen schaligen Bau und immer wiederholte Succession.

2) Die Zeolithe haben mancherorts Eindrücke in Quarzkrystallen hervorgebracht; auch sind bisweilen zum Teil nachträglich Quarz, Datolith in großen Krystallen auf ihnen aufgewachsen. Diese letzteren Mineralien können aber kaum meteorischer Entstehung sein.

3) In den Drusen sind öfters so große Mengen Apophyllit enthalten, daß man die Fluormengen nicht aus den Gesteinen herleiten, sondern sie pneumatolytischen Vorgängen zuschreiben muß.

Nach meiner Ansicht sind namentlich in den obern Lagen des Ergußgesteines die Dämpfe beim Erstarren der Lava zusammengedrängt und dadurch verdichtet worden. Hierbei konnten sie erhebliche feste Bestandteile aus dem Gestein vielleicht auch von eingeschlossenen Kalksteinstücken lösen; und taten dies noch, als sie, in die kugeligen Hohlräume eingeschlossen

---

1) F. v. Richthofen, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Klasse, 1858, **27**, 293.

2) A. Lacroix, Congrès intern. géol. Paris. Guide, III. Pyrénées 1900, 17.

durch Abkühlung sich condensiert hatten. Die Abweichung von der Kugelform ist ein Anzeichen von Bewegungen in der halbflüssigen Masse. Die Dämpfe hatten entsprechend der geringen Überlagerung nur einen geringen Druck, waren daher nicht sehr dicht; sie haben sich vermutlich erst bei etwa 300° condensiert. Deshalb fehlen in ihnen die Mineralien, die bei höherer Temperatur sich aus diesen basischen Gesteinen aus wässeriger Lösung abscheiden wie Adular, Epidot, Albit usw. Wir sehen hier gewissermaßen die oberste späteste Schicht der Drusenmineralien der Tiefengesteine und der alpinen Kluftmineralien vergrößert.

Einzelne Unterschiede in der Succession der Mineralien, z. B. der Seiser Alp, verglichen mit der des alpinen Typus, sind auf Massenwirkung zurückzuführen.

a. Typus Seiser Alp[1]).

Die Zeolithe der Seiseralp finden sich hauptsächlich in den oberen Lagen des Melaphyrs[2]) und zwar 10 m von der Oberfläche beginnend bis etwa 100 m in die Tiefe.

F. v. Richthofen hat die oberste Zone als Reibungsbreccie und Conglomerate bedingt durch den überlagernden Kalk bezeichnet; er hatte die Ansicht, daß Kalksteinstücke in die Lava fielen, zum Teil ein- und schließlich umgeschmolzen und später meteorisch in Zeolithe umgewandelt wurden. Manches spricht auch für den ersten Teil dieser Annahme. So sind am Cipitbach in der obersten Grenzschicht die Lavahohlräume von weiß- und rotgefärbtem Calcit ausgefüllt; nach unten überwiegen allmählich die Zeolithe. Doch war an vielen Stellen der Vorgang wohl auch unabhängig von Kalksedimenten, ähnlich wie in den Basalten auf Skye, Island usw. Der Melaphyr ist submarin längs der Dolomitriffe hingeflossen, und im allgemeinen nicht zwischen zwei Kalkschichten intrudiert. Die Einwirkung des erhitzten Meerwassers dürfte wohl auch die Uralitisierung usw. bedingt haben.

Die Zeolithfundstellen liegen da, wo die Bäche (Cipit-, From-, Pufler- und Saltariabach) die obersten Melaphyrschichten freilegen, also dicht unter dem Plateau der Seiser Alp. Man kann den Bächen von oben her hinunter folgend leicht zu den Fundstellen gelangen. Sie fallen etwa mit der jetzigen Waldgrenze unter der Alp zusammen. Die Zeolithe kommen nicht alle zugleich an demselben Fundort vor. Für jeden Fundort ist eine gewisse Association charakteristisch, die offenbar auf feinere Differentiationen in der Mineralzusammensetzung der Lava deutet.

---

1) Es ist hier ebensowenig wie im folgenden eine vollständige Aufzählung der Mineralien aller Fundorte beabsichtigt.

2) Wir haben hier der Kürze halber die Bezeichnungsweise von C. Doelter beibehalten. Übrigens kommen die Mandeln wohl hauptsächlich in den Erguß- und nicht in den Ganggesteinen vor.

A. Himmelbauer[1]) hat neuerdings die Paragenesis der Zeolithe in den Melaphyren Südtirols erörtert und ihre Beziehung in der Regel von Cornu auseinandergesetzt. Die folgenden Beobachtungen können als Ergänzung dienen.

1. Cipitbach.

Man findet als ersten Zeolith Analcim, auf diesem seltener Apophyllit in Tafeln, beide oft durch Eisenoxyd schwach gefärbt, darauf Calcit. Letztes Product, auch Pseudomorphose nach den vorigen, ist Natrolith, ebenso wie man in alpinen Drusen bisweilen Skolezit findet. Beide sind bei sinkender Temperatur offenbar die beständigeren Mineralien.

Charakteristisch sind die bekannten hellgrünen, noch wenig studierten Zersetzungsproducte im Melaphyr in der Umgebung der Drusen, die bisweilen dunkle traubige Überzüge der Wandungen kleiner Hohlräume bilden.

2. Frombach.

Charakteristisch ist die Größe der Krystalle und Hohlräume. In der obersten Schicht sitzt in den größeren Drusen fast nur Analcim, in den kleineren Calcit; unterhalb große rosa gefärbte Tafeln von Apophyllit auf Analcim, die kleineren späteren Krystalle klar, die großen trüb, auf den Zeolithen bisweilen Calcit, zuweilen auch Natrolith, in einzelnen Hohlräumen fast nur Laumontit.

3. Pufler Loch und Bach.

Nebeneinander in verschiedenen Hohlräumen kommt entweder als Auskleidung der sogenannte Puflerit, Desmin, oder in größeren aber einzelnen Krystallen auf der Wand Chabasit, bisweilen mit vorausgehendem Thomsonit, höher oben Calcit oder Analcim und Apophyllit, seltener mehrere von diesen gemeinschaftlich vor, mit der Succession Apophyllit, Chabasit, Desmin. Weiter unten findet man Prehnit.

Man sieht, die vollständige Succession nach der Regel von Cornu ist in der Natur eine Seltenheit; charakteristisch hier wie in alpinen Mineralklüften, Granitdrusen sind aber bestimmte Zusammenvorkommen von Zeolithen, Desmin und Chabasit usw.

Calcit und Kalkzeolithe schließen einander meist aus, und man wird das wohl auf die Ausfällung des Kalkes durch die Kohlensäure zurückführen dürfen. Die Frage nach dem Vorgang klar zu beantworten, wäre erst möglich, wenn man wüßte, ob an der Seiser Alp die Zeolithe im wesentlichen aus primären Kalkcarbonateinschlüssen oder nur aus dem Augitporphyr durch die Lösung gebildet sind.

---

1) A. Himmelbauer, Mitt. Nat. Ver. Wien 1910, 8, 89.

4. Saltariabach.

Im Melaphyr des unteren Teiles des Saltariabaches (nicht am Molignon) überwiegt als Mineral an einigen Stellen Datolith, meist allein in derber Masse und in schönen Krystallen, selten auf Apophyllit.

Wir wollen hier eine von P. Groth zuerst hervorgehobene Erscheinung kurz besprechen. In den alpinen Mineralklüften sieht man einige seltene Mineralien ganz sporadisch an einer Stelle mitten in einem Gestein auftreten. Das sind insbesondere die Bormineralien wie Axinit, Danburit und die Beryllmineralien Phenakit, Beryll, Euklas.

Wenn man im Detail diese Lagerstätten studiert, so findet man z. B. die Bormineralien Axinit und Danburit an den zwei Fundstellen am Piz Vallatsch[1]) dicht nebeneinander, außerdem spärlicher in Nachbarklüften Axinit, sodaß man die Erscheinung durch eine borsäurehaltige Gesteinsschliere erklären kann, die aus der Tiefe nach oben in südöstlicher Richtung zieht.

Die geologische Lagerung am Piz Vallatsch weist auf Contactnähe (aber nicht mit den jetzigen Scopischiefern) hin. Die Krystallbildung selbst erfolgte viel später durch Auslaugung des borathaltigen Gesteines bei der Dynamometamorphose. Diese letztere ist nicht von Borsäureexhalationen begleitet worden. Axinit tritt ferner in einer ziemlich schmalen Zone von Hornblendeschiefern in der Dauphiné[2]), an einer Stelle im Großtal (Urserental) in Syenit auf. Diese locale enge Begrenzung der Borsäureemanationen finden wir auch am Schneckenstein in Sachsen, hier bei Saltaria im Melaphyr, an der Monzonischarte im Diabas und in den Soffioni der Toskana, die längs engen Spalten vom Monte Rotondo bis Larderello aufgereiht sind. Ausgedehnter, aber auch auf eine Contactzone beschränkt, ist das von A. Lacroix beschriebene Vorkommen in den Pyrenäen.

Ähnliches gilt für die Beryllmineralien Euklas und Phenakit, die nur ganz sporadisch auftreten. Das eigentliche Beryllmineral, der Beryll, ist längs einer etwas ausgedehnteren Contactzone im Granitaplit des Groß-Venediger verbreitet, wie das E. Weinschenk auseinandergesetzt hat.

Die fluorhaltigen Gesteinspartien in den Alpen sind weit ausgedehnter; das Fluor ist an den Biotit und Apatit gebunden, während Bor primär in einem Gestein sehr selten zu sein scheint.

Zum Typus Seiser Alp gehört die Fundstelle

4) zwischen Le Palle und Drio le Palle bei Campitello im Melaphyrtuff.

Die durch Eisenoxydblätter stark rot gefärbten Heulandite von da sind allgemein bekannt; mit diesem kommt spärlich Calcit vor.

---

1) G. Seligmann, Verh. Nat. Ver. Rheinlande 1883, **40**, 100.

2) Vergl. P. Groth, l. c. S. 389.

In besonderen Drusen findet man hellgrüne Prehnit ebenfalls mit etwas Calcit; und dann Laumontit und Pektolith[1]).

Das gesonderte Vorkommen dieser Zeolithe ist die Regel, das gemeinschaftliche eine Ausnahme.

b. Quarz-Chalcedonmandeln. Typus Theiss.

Getrennt von den Zeolithfundstellen sind die viel selteneren Quarz-Chalcedonmandeln. Auch sie sind in runden Hohlräumen verschiedenster Größe von 1—30 cm Durchmesser enthalten. Das Gestein dürfte saurer sein als normaler Melaphyr.

Zeolithe erscheinen nur ganz spärlich in kleinen Krystallen auf dem Quarz.

Je mehr der Hohlraum ausgefüllt ist, um so mehr überwiegt Chalcedon. Die Quarzkrystalle sitzen scharf getrennt auf ihm. Die synthetischen Experimente von W. J. Müller und dem Verf. zeigten, daß Chalcedon das instabile, bei hoher Kieselsäureconcentration durch Kohlensäure ausgefällte Mineral ist, während der Quarz erst zuletzt, wenn Kohlensäure und Kieselsäure sich hinsichtlich der Alkalien das Gleichgewicht halten, bei sinkender Temperatur langsam auskrystallisiert. Fehlt die Kohlensäure ganz, so finden wir nur das erstarrte Kieselsäuregel, den Carneol, so am Duronbach.

Eine geringe Kieselsäuremenge krystallisiert ganz als Quarz aus; ein derartiges Beispiel, das schon zu den Contactbildungen zu rechnen ist, bietet der Molignon (vgl. S. 162) kieselsäure- vermutlich alkalisilicathaltige Lösungen, wie wir sie jetzt z. B. in Sierra San Andrès bei La Tacita den recenten Laven entströmen sehen, haben vermutlich bald nach der Erstarrung und der Zeolithbildung, z. B. bei Drio le Palle die bekannten Pseudomorphosen von Quarz nach Analcim, Calcit usw. gebildet. F. v. Richthofen hielt auch dies für einen gegenwärtig meteorischen Vorgang.

Sehr genau von Kenngott untersucht sind die Achatmandeln von Theiss. Sie sind ein besonderer Typus und verdienen als solche eine kurze Erwähnung. Man findet die zahlreichen, meist elliptischen Kieselsäureconcretionen in einer mächtigen Melaphyrmasse östlich von Theiss in gleicher Höhe wie das Dorf über einer tiefen Schlucht. Der Melaphyr wird als Augitporphyritgang durch Quarzporphyrbreccie aufgefaßt. Die Ausdehnung des Melaphyrs ist jedenfalls auf den geologischen Karten von v. Richthofen und v. Mojsisovics zu gering angegeben, die des Quarzporphyr zu mächtig.

Auf den Achat-Chalcedonschichten sitzen Quarzkrystalle zum Teil mit Amethystfarbe, auf diesen manchmal das ganze Innere erfüllend Calcit, oder statt dessen Zeolithe wie Analcim, Apophyllit, auch Desmin, Datolith, Prehnit.

---

1) Der Verf. zählt Pektolith, Prehnit, Milarit zu den Zeolithen. Die Paragenesis läßt hierüber keinen Zweifel.

Ganz selten hat man auch in diesen Mandeln noch Wasser gefunden, das unter hohem Druck stand und bei geringer Erhitzung die Mandel sprengte, also wohl Kohlensäure enthielt. Meist ist es entwichen. Das Vorherrschen von Quarz ist zum Teil durch die relativ saure Zusammensetzung des Gesteins zum Teil durch die größere Überlastung bedingt, die schon bei höherer Temperatur größere Dichte des Wassers verursachte.

III. Mineralien der Contactlagerstätten.

A. Contactlagerstätten von Tiefengesteinen.

Gesteinsmineralien und Drusenmineralien.

Ganz unveränderte Contacte von Tiefengesteinen fehlen in den Westalpen gänzlich; in den Ostalpen sehen wir sie in der südlichen Zone, die fast keine Dynamometamorphose erfuhr.

Exogene Contactmineralien sind vom Monzonit Südtirols seit langem bekannt. Der Contact ist am ehesten dem in Norwegen von W. C. Brögger und sehr eingehend von V. M. Goldschmidt studierten zu vergleichen. Er ist wie dieser stark pneumatolytisch, nicht sehr heiß, daher nicht weitreichend und ohne erhebliche Aufschmelzung.

a) Typus Lago Usel.

1) Oberhalb Lago Usel an der Terasse vor der Paßhöhe nach St. Pellegrino (Allochet) an der Grenze zwischen Monzonit und Triaskalk findet man grobstrahligen grauen und grünen Skapolith oder Wernerit mit eingesprengtem Pyrit (an demselben Fundort etwas unterhalb Hämatit), auf diesem braunen Granat, dieser wieder eingehüllt in grobkrystallinen Calcit, der oft nur ein Rhomboëder im ganzen Hohlraum bildet. Für derartigen Calcit sind die zahlreichen feinen Zwillingslamellen nach {110} charakteristisch.

2) Unter Lago Usel am Marmorweg kurz vor dem Hauptaufstieg zum See (bei Hintze ist der Fundort als alle Selle bezeichnet) ist am Contact Idokras in schönen grünen und gelben kurzprismatischen Krystallen entwickelt und ebenso Grossular. Zwischen diesen ausgebildeten Mineralien sitzt später abgeschieden Calcit, oft aber auch sind freie Hohlräume da. Etwas oberhalb in Hohlräumen des Kalksedimentes findet man mit Kalkspat fast allein Gehlenit in Würfeln.

Der bekannte Idokras-Fundort von Canzacoli bei Predazzo gehört zum selben Typus.

b) Typus Toal della Foja.

Im obersten Teil des Toal della Foja nördlich vom Val Pellegrin ist ein Contact stellenweise aufgeschlossen, der eine etwas intensivere Aufschmelzung des Sedimentes durch den Monzonit darstellt. Eine Zone wurde

gebildet, die zu oberst hauptsächlich Fassait (Augit), Anorthit, etwas schwarzen Spinell und Brandisit enthält. An Hohlräumen, die zuletzt meist von Calcit ausgefüllt wurden, sind diese Mineralien gut krystallographisch begrenzt. Am Westabhang nicht weit unterhalb überwiegt neben Fassait Monticellit, daneben etwas Pleonast. Interessant sind die Pseudomorphosen von Fassait und Monticellit.

Östlich vom ersten Fundort steht reine Fassaitmasse mit Pleonast an, in den Hohlräumen gut ausgebildet. Etwas später als der Fassait aber doch noch bisweilen von den letzten kleinen Fassaitkrystallen überwachsen, ist am Toal da Mason der Brandisit, der auch den Fassait verdrängt, etwas später als dieser der Calcit.

Ähnlich sind die Vorkommen in den anderen Tobel, die vom Monzonigebirge nach Süden abfallen.

c) Typus Lisenser Alp.

Contact und Contactmineralien, an die der Bretagne und des Sächsischen Granulitgebirges erinnernd, finden wir in einem Streifen von der Lisenser Alp oder schon vom Stubai bis in das Pitztal reichend[1]). Dort sind z. B. an der Hütte der Juifenalp Glimmerschiefer mit großen roten Staurolithen und Almandingranat, die, wohl wegen der Einhüllung in den schützenden weichen Schiefer, wenig zertrümmert sind.

Weiter südlich gegen das Oberbergtal sind in hartem, ziemlich mächtigem Quarzband, das wieder wegen seiner Härte in bewegtem weichem Gestein gut schützte, die bekannten großen Andalusite und Cordierite eingeschlossen. Ersterer ist später bei der übrigens recht schwachen chemischen Dynamometamorphose meist oberflächlich in Muskovit, selten in Disthen, letzterer zum Teil in Pinit verwandelt. Nach den bisherigen Kartierungen würde der den Contact verursachende Granit fehlen; doch findet man an der Straße vor und nach Sellrain mächtige gut aufgeschlossene Massen von stark gepreßtem (in sich verschobenem aber nicht mylonisiertem) Granit; auch im Grieser Tal muß, den Geschieben nach zu urteilen, solcher anstehen. Leider beeinträchtigen die viel späteren starken tektonischen Bewegungen die Klarheit des Bildes. Es läßt sich nur soviel sagen, daß ein recht heißer Contact ähnlich dem in der Bretagne usw. vorliegt. Zu derselben Klasse von Contactbildungen gehören die Ötztaler Glimmerschiefer mit Granat z. B. vom Schafberg bei Gurgl. Die Zillertaler Granaten dagegen sind wohl ursprünglich contactmetamorph, aber nachher dynamometamorph umkrystallisiert.

---

1) Die Erschließung dieser Mineralfundorte ist insbesondere dem Universitätsdiener R. Bär in Innsbruck zu verdanken.

B. Contactlagerstätten von Ergußgesteinen.

a) Mahlknechtjoch oder Molignon.

Der Contact von Melaphyr an Buchensteinerschichten und Schlerndolomitblöcken am Mahlknechtjoch (Molignon) ist z. B. von A. Diener und G. v. Arthaber[1]) beschrieben und seit langem durch schöne Mineralien berühmt. Der Melaphyrstrom hat das Dolomitriff der Roßzähne umflossen; Blöcke dieses Dolomits und der am Fuß des Riffes höher abgelagerten Buchensteinerschichten fielen auf die heiße Lava, Meerwasser drang ein. Es bildeten sich Risse, die, wie zu sehen, zugleich durch die miteinander verbackene Lavaoberfläche und Kalkblöcke hindurchgingen. Bei der Erkaltung setzte sich Calcit und Quarz ab. Entsprechend dem Massenwirkungsgesetz bezw. dessen Anwendung auf Lösungen ist Calcit, der weitaus vorherrscht, zuerst, der Quarz später abgesetzt. In einer Druse fand F. v. Richthofen[2]) eine wiederholte derartige Succession: aber diese ist jedenfalls äußerst selten und daher kein Ausdruck des wesentlichen Vorganges. Der Calcit war in einer jetzt ausgebeuteten Lage in den bekannten würfelähnlichen Rhomboëdern, die vielfach dunkelgrüne Flecken zeigen, ausgebildet. Jetzt findet man meist nur das Skalenoëder.

Seltener sind Drusen von Amethystkrystallen, die im Kalk oberhalb des Augitporphyrs vorkommen. Chalcedon fehlt. Vermutlich hat das Kalkcarbonat aus heißen kieselsäurehaltigen Lösungen langsam den Quarz ausgefällt. Auf den Quarzkrystallen sitzen einige Calcitskalenoëder.

Analoge Mineralbildungen wie am Molignon findet man bei Ciarvenna u. a.

b) Typus Schlern.

Sehr häufig findet man in Südtirol kleine Drusen mit Dolomit- oder Calcitkrystallen. Die Dolomitdrusen liegen aber überwiegend an der Basis der Dolomitmassen, so am Schlern, an der Brentagruppe, im Fassatal bei Pecol, Pozzes da mulins, Costa da Vent usw., wo schöne Dolomitkrystalle vorkommen. Dagegen fehlen solche Drusen, so weit mir bekannt, im Dolomit der oberen Trias der Kalkalpen und des Tribulaun. Deshalb möchte ich ihr Vorhandensein mit den Melaphyr-Eruptionen, der Durchtränkung mit heißem Wasser, in Zusammenhang bringen. Entscheiden ließe sich aber diese Frage erst, wenn man bei der geologischen Kartierung auch die Minerallagerstätten etwas beachten würde.

---

1) Congrès intern. geol. Wien. Führer. Dolomiten von Südtirol, 1904.

2) F. v. Richthofen hält diesen Strom im wesentlichen für einen Tuff. Mir scheint er die aus Rollblöcken bestehende Oberfläche eines Blocklavastroms zu sein, wie man ihn vom Ätna kennt, der aber submarin chemisch stellenweise stark zersetzt wurde.

IV. Mineralien der Erzlagerstätten.

Die Erzlagerstätten haben in Tirol sehr viele schöne Mineralien geliefert, im Gegensatz zu den Westalpen, in denen die Erzgänge selten und arm an schönkrystallisierten Mineralien sind, zum Teil weil sie vortertiär gebildet bei der Alpenfaltung zertrümmert wurden. Erst im Südwesten z. B. in der Dauphiné bei La Gardette[1]) usw., sind für den Mineralogen interessante Vorkommen da. Wir können auf die ostalpinen Erzlagerstätten nicht eingehen; sie sind verschiedenen geologischen Alters und verschiedener Entstehung. Als Beispiel von Contactlagerstätten sei St. Martin im Schneeberg, von epigenetischen Contactlagerstätten Kogl bei Brixlegg und Schwaz, von metasomatischen Lagerstätten Lermoos und von Erzlagern Eisenerz erwähnt.

V. Mineralien der alpinen oder Dynamo-Metamorphose.

Wir verstehen hier unter alpiner oder Dynamo-Metamorphose die chemische Umwandlung in wässeriger Lösung, die lange nach der (meist präpermischen) Gneiß- und Granitintrusion in der Tertiärzeit in Zusammenhang mit der Alpenfaltung stattfand. Die Mineralien der Dynamo-Metamorphose sind aus den primären Gesteinsmineralien unter Zufuhr von Wasser und Kohlensäure zwischen etwa 400° und 100° entstanden.

Charakteristisch für die im folgenden erwähnten Vorkommen ist die Beschränkung derselben auf die Alpen. Ich habe noch nirgends ähnliche Gesteins- oder Kluftmineralien gesehen. Doch haben manche epigenetische Erzlagerstätten und einige Mineralfundorte in den Vereinigten Staaten, die vielleicht als Wirkung einer Telepneumatolyse zu deuten sind, eine gewisse Verwandtschaft zum alpinen Typus.

A. Gesteinsmineralien.

Mineralogisch interessant sind in den Ostalpen eine Anzahl gut ausgebildeter dynamometamorpher Gesteinsmineralien.

a) Typus Talggenköpfe.

Die ostalpinen Serpentinstöcke sind, wie F. Becke erwähnt, häufig von einer besonderen Gesteinshülle umgeben. Diese ist meines Erachtens durch Dynamometamorphose kurz vor oder nach der letzten Alpenfaltung entstanden. Sie ist besonders mannigfaltig westlich der Talggenköpfe, etwa

1) Vergl. P. Groth, l. c.

nordwestlich unter dem sogenannten Totenkopfe über dem Furtschaglhaus[1]). Dicht an den Serpentin grenzt Chloritschiefer, oft auch ungeschieferte Chloritmassen mit Magnetit. Wir finden dieselben in den Westalpen an den Rymfischwängi, in den Ostalpen vielerorts z. B. an der Schwarzen Wand (Groß-Venediger). Das Gestein ist stellenweise durch Chloritschiefer mit langen schwarzen Turmalinnadeln ersetzt. In dieser Zone ist bisweilen z. B. im Greinerkar der primäre Turmalinbiotitschiefer, der auch Apatit führt, erhalten und nur teilweise in Talkschiefer umgewandelt. Hier findet sich auch Fuchsit. Daran reiht sich ein Gestein nur aus dunkler Hornblende, die nach außen lichter zu Aktinolith wird (50 cm mächtig). Es gesellt sich Talk zu, und noch etwas weiter außen findet man die Lager des bekannten Aktinolith-Talkgesteines vom Zillertal etwa 1 m mächtig. Dann wird der Aktinolith rasch spärlicher: es mengt sich Breunnerit bei, und schließlich sehen wir die 1—10 m mächtige Randzone von Talk-Chloritgestein mit Breunnerit. Stellenweise findet man reinen Talk, der außerdem an der Chloritmagnetitschicht vorkommt. Ähnliche Serpentinschalen, nur weniger vollständig, findet man in den ganzen Ostalpen. Einzelne Zonen, wie der Talkaktinolithschiefer, sind primär oft kaum ausgebildet; andere Teile wurden bei den tektonischen Vorgängen abgestreift. Die mächtigste Zone, die von Talk-Chlorit mit Breunnerit, ist natürlich am häufigsten erhalten. Aus dem Aussehen der Mineralien läßt sich vielleicht schließen, daß die meisten nach den letzten Faltungen auskrystallisiert sein müssen. Einige, wie Turmalin-Magnetit, dürften schon im primären Contact vor der Dynamometamorphose dagewesen, aber umkrystallisiert sein.

Die zweite Ausbildung der Randzone von Serpentin, diejenige mit Asbestlagen und -klüften, ist in den West- und Südalpen häufiger als in den Ostalpen. Beispiele in den Ostalpen sind die Totenköpfe im Stubachtal[2]) (Salzburg), die Goslerwand am Groß-Venediger, in den Westalpen Val Brutta bei Chiesa (Val Malenco) und im Binnental am Geißpfadpaß[3]).

Verwandt mit dieser Randzonenmetamorphose ist die Ofen- oder Lavezsteinbildung der Centralalpen, die in den Ostalpen ziemlich selten ist. Der Unterschied ist aber mehr technisch als principiell. Im Ofenstein dürfen, wenn er zu feuerfesten Platten gebraucht werden soll, keine Carbonate und zu viele leicht wasserabgebende (Chlorit) oder zu spröde Mineralien (wie z. B. Quarz, Plagioklas) enthalten sein. Ferner sollen die einzelnen Bestandteile wie Aktinolith möglichst dicht und feinfaserig mit anderen gemengt, nicht aber, wie meist in den Ostalpen, schön krystallisiert sein. Warum die

1) Vergl. F. Becke und F. Löwe, Excursionen im westlichen und mittleren Abschnitt der Hohentauern. VIII. Zillertal S. 31. Guide excursions congrès geol. intern. Wien 1903.

2) Vergl. E. Weinschenk, l. c.

3) H. Preiswerk, Inaug.-Diss. Basel 1901.

Randzonen in den Ostalpen schöne Mineralien aufweisen, in den Westalpen aber weniger, läßt sich noch nicht angeben.

b) Typus Wolfendorn.

In den Kalkglimmerschiefern, wie F. Becke[1]) angibt, am Wolfendorn, findet man den sogenannten Rhaeticit, büschelförmigen Disthen, mit Margarit. Die fächerförmige und federförmige Ausbildung ist wohl charakteristisch für eine rasche Auskrystallisation bei niedriger Temperatur aus wässeriger Lösung; sie ist manchmal mehreren Mineralien desselben Fundortes eigen. Der garbenförmige Tremolit im Dolomit von Campo Lungo ist dynamometamorpher Entstehung, aber dieser Habitus ist auch bei Contactmetamorphose aus größerer Entfernung durch Lösungen bekannt: so die Garbenhornblende der Tremolaschiefer bei Airolo und in Wollaston, Ontario, Canada[2]).

Im Quarzband findet man kurze breite bläuliche Disthenkrystalle, so wie man sie von der Kleinitz im Tümmelbachtal, Groß-Venediger, und in den Westalpen z. B. von Piora bei Airolo kennt. Ich möchte aber hervorheben, daß es noch unsicher ist, ob der Disthen in den Ostalpen durch Dynamo-Metamorphose zur Tertiärzeit oder durch Gneißcontactmetamorphose früher entstanden ist. In anderen Gegenden ist er ein Mineral des äußeren Gneißcontacthofes.

In Quarz-Orthoklaslinsen bei St. Jakob, Pfitsch, sowie in Biotitamphibolitschiefern des Schlegeisengrund im Zillertal, findet man Rutil in schönen Zwillingskrystallen. Die genauen Fundorte kenne ich nicht und muß daher von einer Beschreibung dieses Typus absehen.

B. Dynamometamorph umkrystallisierte Gesteinsmineralien.

c) Typus Rothenkopf.

Im Serpentin des Rothenkopf am Schwarzensteingrund findet man auf der Westseite eklogitähnliche Einschlüsse, die vermutlich contactmetamorphe Umschmelzungen eines Kalkmergels darstellen, die später dynamometamorph verändert wurden. Ihre Gesteinsmasse besteht aus Epidot, Fassaït, Granat, Calcit, Quarz und dem früher als Thulit bezeichneten Mineral, das nach E. Weinschenk's Untersuchungen als Klinozoisit zu bezeichnen ist. In Hohlräumen, die zuletzt von Calcit ausgefüllt wurden, sind dieselben Mineralien, insbesondere der Klinozoisit, schön auskrystallisiert. An anderen Stellen überwiegt heller und dunkler Diopsid, oder Kalkgranat. Diese Lagerstätte könnte auch schon zu den Kluftmineralien gestellt werden.

1) F. Becke, l. c. S. 38.

2) F. D. Adams und A. E. Barlow, Geol. of Haliburton and Bancroft Area. Geol. Survey Canada 1910, Mém. 7, 168.

Analoga in den Westalpen bietet eine Fundstelle am Tscherwandune (Binnental), am Pollux bei Zermatt.

d) Typus Roßrücken.

In dem Zillertaler Tonalit sind langgezogene Biotitschlieren mit schönem Almandingranat enthalten[1]), es sind wohl umgeschmolzene Sedimentreste. Bei der Dynamometamorphose ist der Biotit teilweise in Chlorit verwandelt[2]), der Granat in kleinere klare Krystalle umkrystallisiert. Die Fundstelle der schönsten Zillertaler Granaten liegt etwa in der Mitte des Paßrückens etwas unterhalb des Grat gegen das Waxeggkees, jetzt schwer zugänglich. Bequem erreichbar ist eine ähnliche Lagerstätte etwa $\frac{1}{2}$ Stunde von der Berliner Hütte auf der Nordostseite des Hornkees.

e) Typus Pfitscher Joch.

Die Randfacies des Tuxergneiß ist bisweilen turmalinreich und auf Klüften findet man schwarzen Turmalin in Chlorit.

f) Typus Smaragdpalfen.

Wie E. Weinschenk zeigte, ist die Südzone des Granitarms, der vom Foisskarkogl bis zum Graukogl zieht, reich an quarzitisch-aplitischen Schlieren, die blauen Beryll führen. Den berühmten Fundort im Habachtal 2 Stunden östlich oberhalb der Madl-Alp unter dem Graukogl konnte E. Weinschenk nicht besuchen, da der Zutritt seinerzeit verboten wurde. Ich konnte 1912, gerade an dem Tag, als die Pacht der Gesellschaft abgelaufen war, die Fundstellen eingehend besichtigen und Gesteine sammeln. Die englische Gesellschaft hatte wegen ihres zu kostspieligen Betriebes, der bei der relativ geringen Ausbeute und der beschränkten Arbeitsmöglichkeit nicht rentierte, schon vor einigen Jahren die Arbeiten praktisch aufgegeben und nur noch den Ort überwachen lassen. Es wurde früher in drei Stollen gearbeitet, wovon der oberste die schönsten Smaragde gab, aber zuletzt durch gewaltige Felsmassen verschüttet wurde, die sich nur schwer entfernen lassen werden. Für die Einheimischen würde die Arbeit im Stollen trotz der Steinschlaggefahr noch lohnen.

Nördlich der Schlucht steht Granit, südlich Serpentin an. Am Contact Serpentin-Granit oder eigentlich da, wo aplitisch-granitporphyrische Adern in die Biotitglimmerschieferrandzone des Serpentin eindringen, findet man den grünen Beryll und zwar in dem vermutlich Chrom enthaltenden hell-

---

1) F. Becke, l. c. S. 24.

2) Ich halte die Umwandlung Biotit in Chlorit nicht für einen jetzt noch ablaufenden Verwitterungsproceß; denn man sieht in nicht alpinen Gegenden, die viel stärkere Verwitterung zeigen, keine Umwandlung von Biotit in grünen Chlorit, sondern höchstens die Baueritisierung.

braunen grobfaserigen Glimmerschiefer, etwa 10 cm bis 1 m vom Aplit entfernt. Unmittelbar angrenzend ist der Glimmerschiefer reicher an Beryll; aber dieser ist hellgelbgrün und trübe. Die schönen Smaragd-führenden Lagen sind sehr schmal, kaum 10 cm hoch. Der Aplit ist metamorph und stark gepreßt, ebenso wie der Serpentin mit seiner mächtigen Randzone, die Talk mit Breunnerit, Biotit-Chloritschiefer mit feinen Turmalinnadeln usw. aufweist[1]). Die Beryllkrystalle sind unverletzt und offenbar nach den tektonischen Störungen in dem noch warmen Gestein durch Sammelkrystallisation entstanden, nur einige sind ein wenig gebrochen und wieder verheilt. Auch hier ist der Granit vor der Alpenfaltung intrudiert, die schönen Mineralien sind nach ihr auskrystallisiert.

C. Dynamometamorphe Kluftmineralien.

In den Ostalpen wie in den ganzen Alpen findet man in einer Zone[2]), deren Mitte etwas nördlich von der Zone maximaler Dynamometamorphose liegt, Klüfte mit Mineralien. Diese Mineralien sind ihrer chemischen Zusammensetzung, Succession und sogar ihrem Habitus nach durch das Gestein bestimmt, in dem die Klüfte aufsetzen. Heiße wasser- und kohlensäurehaltige Lösungen, die sich in der Kluft sammelten, haben, wie das mikroskopische Studium des Kluftgesteines allerorts zeigt, dieses ausgelaugt. Be der Abkühlung krystallisierten in ganz bestimmter einmaliger Succession die Mineralien aus. Das geschah nach den letzten großen tektonischen Störungen; denn die Kluft und die oft sehr großen und leicht von der Wand ablösbaren Krystalle blieben ungestört.

Die Muttergesteine waren aber vor der Alpenfaltung abgelagert oder erstarrt; denn deren Mineralien sind zertrümmert. Die Klüfte sind relativ kurz (1 m bis 50 m lang); es sind keine Gänge. Die Mineralbildungen auf ihnen hängen nicht mit der Intrusion von Granit oder Gneiß zusammen. Dies ist der wesentlichste Unterschied zwischen der Ansicht von E. Weinschenk und der des Verfs.

Die Mineralklüfte der Ostalpen wie der Westalpen stehen senkrecht zur Schieferung des Gesteines; dadurch ist eine Gerade ihrer Ebene bestimmt. Eine zweite Gerade liegt in den Westalpen nahezu in der Horizontalebene, in den Ostalpen meist in der Verticalebene. Das weist auf wesentliche Unterschiede in der zweiten Hauptdruck- bezw. Bewegungsrichtung hin.

Aus dem Gestein gelöst wurde: 1) Plagioklas (zum Teil kalihaltig); er gibt in der Kluft: Quarz, Calcit, Orthoklas, ferner die Zeolithe; im Gestein bleibt Kaolin zurück. 2) Biotit; er veranlaßt in der Kluft die Krystallisation

---

1) Vergl. S. 164.

2) Vergl. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1912, Abhdlg. **64**, 500.

von Chlorit, (Muskovit?), Rutil, Fluorit (das *Fl* aus Biotit, *Ca* aus Plagioklas). 3) Hornblende gibt Epidot und Hornblende-Amianth.

Aus dem Gestein in die Kluft werden umkrystallisiert: 1) Sphen, 2) Apatit, 3) Diopsid, 4) Idokras, 5) Granat, 6) Calcit, 7) Dolomit, 8) Anhydrit, 9) Muskovit, 10) Beryll, 11) Turmalin, 12) Rutil (zum Teil zu Anatas und Brookit?), 13) Orthoklas (wenig).

Nachweislich zugeführt sind an Stoffen, von Wasser abgesehen, nur Kohlensäure, die im wesentlichen die Calcitbildung, und Sauerstoff, der eine teilweise Oxydation des Eisenoxyduls bewirkt.

Die Klüfte in allen nicht ganz basischen Gesteinen sind hauptsächlich vom Quarzband erfüllt, in dem sich in geringer Menge, ebenfalls wie der Quarz, derb, krystallisiert und stark verzwillingt, Kalkspat, selten Flußspat findet. Meist in der Mitte der Kluft liegt die Krystallhöhle mit den schön ausgebildeten Mineralien. Die Größe der Mineralien, die Höhe und Flächenausdehnung der Kluft, die Masse des Quarzbandes sind einander annähernd proportional.

In einigen Vorkommen in basischen Gesteinen tritt an Stelle des Quarzbandes derber Kalkspath, in den meisten ganz basischen Gesteinen fehlt aber beides.

a) Typus Floitental.

Im mittleren Floitental zwischen Pockachalp und altem Baumgarten, sowohl nach Westen gegen Gunkeltal und Melkerscharte wie nach Osten, sind zahlreiche Mineralfundorte im Zillertalgneiß gelegen.

Etwa 5 Minuten vom Weg, der vom Saurüssel zum Schwarzensteinkees und Schwarzenstein führt, da, wo etwa der Gletscher erreicht wird, nach oben gegen den großen Mörchner liegt eine offene Kluft senkrecht zur Schieferung des Gneiß und vertical, die Adular 1), Apatit 1), Quarz 2), alle in klaren einfachen Krystallen, dann Calcit 3), als Kruste Chlorit 3), Muskovit 2) in scharf begrenzten Tafeln führt.

Das Vorkommen gleicht durchaus dem von der Valletta der Fibbia am Gotthard in den Westalpen und am Gletscherende des Untersulzbachtal im Groß-Venediger[1]).

Unterhalb des Sonntagsfeld liegen am Talboden der Floiten und etwas aufwärts Blöcke mit ähnlichen Vorkommen, nur ist der Adular durch Periklin-Albit (doppelt verzwillingt) ersetzt. Die Ausbildung, der Grad der Durchsichtigkeit, die relative Größe der anderen Mineralien bedingen eine so starke Übereinstimmung mit denen anderer Fundorte in den Floiten, daß mir diese für die Identität des Vorganges weit wichtiger erscheint als das Fehlen oder Vorkommen einzelner Mineralien. Calcit in Tafeln und

1) E. Weinschenk, l. c. S. 467.

Chlorit sind seltener, dafür erscheinen reichlich als letzte Mineralien 4) nebeneinander fast sämtliche Zeolithe des alpinen Typus. Desmin 1) Heulandit 1) Skolezit 2) Prehnit 3) Laumontit 3). Das Quarzband an diesen Klüften enthält viel Calcit.

Ganz ähnlich ist nach Weinschenk das Vorkommen von der Weißeneck im Groß-Venediger in mehr quarzdioritischem Gestein, wo außerdem noch Chabasit, Apophyllit vorkommen[1]). In den Westalpen sind ein Analogon die Fundstellen im südlichen Aaregranit am Krüzlistock, ferner am Fieschergletscher.

Auf der Seite der Baumgartenalp überwiegt Albit-Periklin gegenüber Adular. Der Gneiß ist hier reiner Tonalit. Der Oligoklas wird zu Albit zersetzt und dieser in der Kluft ausgeschieden. Das Vorkommen ist sonst dasselbe; nur ist entsprechend dem größeren Biotitreichtum des Gneiß auf der Kluft der Muskovit häufiger. Gelber Sphen ist selten. Der Quarz hat den Tessiner Typus mit steilen Rhomboëdern, die eine Damascierung infolge sehr feinen treppenförmigen Aufbaues zeigen. In den Westalpen sind der Baumgartenalp analoge Vorkommen seltener. Wir finden sie aber im Tessiner Tonalit[2]) z. B. bei Alp Crozlina.

Im Gunkeltal gegen die Melkerscharte liegen Klüfte mit großen klaren einfachen Adularen, Rauchquarz, Apatit und etwas Muskovit.

In allen Teilen des Zillertales sind im Tonalit und Gneißgranit ähnliche Mineralfundorte.

Am unteren Ende des Habachkees ist auf Granit neuerdings ein Vorkommen entdeckt, was denen des Aaregranit z. B. von der Goescheneralp sehr nahe steht: Rauchquarz 1) roter Fluorit 2) Laumontit 3).

Ganz selten und nur in äußerst kleinen Krystallen tritt in den Granitklüften noch Anatas und Brookit auf, so an der Abichlalp im Untersulzbachtal. In den Westalpen liegt ein analoges Vorkommen im Aaregranit am Galenstock[3]).

b) Typus Saurüssel.

Am Saurüssel oberhalb des Schwarzensteinkees sind in der aplitischen Randfacies des Zillertalgneißgranit größere horizontale Klüfte mit Amethyst ganz ähnlich wie z. B. im Aaregranit am vorderen Zinkenstock[4]). Die Quarzkrystalle zeigen die für alpinen Amethyst charakteristische Scepter-

1) Der von dort beschriebene Natrolith ist wohl sicher Skolezit, da der erstere kein Mineral des alpinen Typus ist.

2) Vergl. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1908, Beil.-Bd. **26**, 511. Ausz. diese Zeitschr. **49**, 401.

3) N. Jahrb. f. Min. 1901, Beil.-Bd. **14**, 74. Ausz. diese Zeitschr. **37**, 647.

4) Vergl. N. Jahrb. f. Min. usw. l. c. S. 92.

quarzform, die schaligen Rhomboëderflächen und bisweilen Flüssigkeitseinschlüsse mit Libelle. Auf dem Quarz sitzt der an allen alpinen Amethystfundorten vorkommende gelbe Eisenocker. Die Färbung ist meist nicht lichtbeständig. Sie ist vermutlich ebenso wie die des Rauchquarz nicht primär[1]), sondern durch γ-Strahlung aus Eisenverbindungen, die in Spuren eingeschlossen sind, entwickelt.

Gleichzeitig mit Quarz ist für den Zillertaler Gneiß charakteristisch Muscovit. — Am Saurüssel sind ferner noch Klüfte, wo zu demselben Vorkommen, aber mit farblosem Quarz, Eisenglanz und Adular hinzutritt. In den Westalpen bieten die Fundorte im Fellital am Fedenstock und Bächistock vollkommene Analoga.

D. Glimmerschiefer und Paragneiße.

c) Typus Eichamwand[2]).

Am östlichen Absturz der vorderen Eichamspitze sind in einem Glimmerschiefer Klüfte mit Quarz 1) Calcit in dünnen Tafeln, Anatas 2) Brookit 2) Rutilhaaren 1) und Chlorit 3). Das Vorkommen ist genau dasselbe wie in den Westalpen das vom Griesental[3]) (Maderanertal) oder Ried bei Amsteg, wo wir dieselben Mineralien in derselben Ausbildung in demselben Gestein finden.

Ähnlich ist das von P. Groth[4]) beschriebene Vorkommen bei Le Puys in der Dauphiné.

d) Typus Grieswies.

Auf einem Glimmerschiefer am Ritterkar oberhalb der Grieswiesalp in der Rauris sind in Klüften Adular 1) Calcit 3) Rutil 1) Quarz 2) Albit 2) Chlorit 4) aufgewachsen. Ähnlich ist das Vorkommen an der Marchleckalp am Lienziger, Groß-Venediger. Genau damit übereinstimmende Lagerstätten sind in den Westalpen ganz selten.

Andererseits fehlt in den Ostalpen der verwandte Typus von Mineralfundorten in Sericitphylliten und Glimmerschiefern mit Turnerit, Anatas, Albit, Eisenspat, Quarz, Rutil, den wir von der Dauphiné bei Le Freney, vom Oberrheintal bei Perdatsch (Sedrun), vom Binnental am Kollergraben kennen.

---

1) Die Farbe der Amethyste in den Mandeln der Ergußgesteine ist meist lichtecht und wohl primär.

2) Diese Beschreibung ist nach E. Weinschenk, l. c. S. 403 gegeben.

3) Vergl. Geolog. Karte Aarmassiv usw. S. 50.

4) P. Groth, l. c. S. 400.

E. Basische Gesteine.

a) Typus Hochfeiler.

Westlich vom Hochfeiler (Zillertal) zwischen Oberberg- und Unterbergtal, dann in der Nähe der Wiener Hütte, und auch nordöstlich vom Rotbacherspitz liegen Fundorte in Amphiboliten. Auf den Klüften überwiegt Albit 1) als Periklin mit Sphen 1), zuweilen auch Adular 1) in einfachen Krystallen und Calcit 2).

Im Habachtal an der sogenannten Teufelsmühle (Mulde vor dem Gletscher mit Gletschermühle) oberhalb der Kesselalp gegen den Leiterkogl, liegt eine sehr große, fast mannshohe Mineralkluft in salischem basischen Gestein. Man findet große einfache Adular-Krystalle 1), Periklin 1) worauf hellgelbe Sphentafeln 2), ferner Calcit in abgerundeten Tafeln 3), Chlorit 4) und viele Stellen ganz von kleinen Laumontitkrystallen 5) überzogen.

Analog ist in der Dauphiné das von P. Groth[1]) beschriebene Vorkommen in Hornblendeschiefern bei Auris (vom Axinit abgesehen).

b) Typus Pfitscher Joch.

Die Grenzschiefer am Tuxer Gneißgranit entsprechen in jeder Hinsicht der Tremolaserie; nur ist ihre Mächtigkeit wohl aus secundären Gründen geringer. Die Mineralassociation in deren Klüften (z. B. dicht am Jochsee, nördlich) ist dementsprechend recht ähnlich: Quarz 1) Chlorit 2) Rutil in Nadeln 1) und als Sagenit, Anatas in kleinen gelben Oktaëdern 1); etwa dem Vorkommen von Sorescia und Laghetto am Gotthard entsprechend.

Die Klüfte senkrecht zur Schieferung stehen vertical, am Gotthard horizontal; ein Beweis dafür, daß am Pfitscher Joch die zweite Hauptdruckrichtung vertical gerichtet war, also eine Bewegungscomponente auch von unten nach oben oder umgekehrt vor sich ging.

Verwandt ist das Vorkommen am Groß-Venediger in der oberen Mellitz bei Virgen.

F. Grünstein.

c) Typus Knappenwand.

Die Wand südöstlich oberhalb des Wasserfalles des Untersulzbaches besteht aus einem metamorphen gepreßten Grünschiefer, der von ebenfalls zertrümmerten hellen aplitischen Adern durchzogen ist. Ein kleiner, rot markierter Weg, an dessen Anfang zwei Warnungstafeln stehen, führt von dem Hauptweg zur Abichlalp ab hinauf zur großen Höhle, die ausgesprengt wurde, um den vielen schmalen Mineralklüften zu folgen. Etwa 30 m schräg unter der Höhle (etwas südlich), liegt ein alter Stollen eines Kupferbergwerkes. Die Erzader ist ebenfalls zertrümmert, also vormiocän.

---

1) P. Groth, l. c. S. 393.

Die zahlreichen Spalten am Epidotfundort sind beliebig gerichtet, weil auch die Schieferung sehr wechselt und gewellt ist. Sie sind auf einen kleinen Bezirk 20 × 20 × ? 20 m beschränkt. Die Ausfüllung der Spalten erfolgte nach den letzten Bewegungen; nur stellenweise sind einige lange Epidotkrystalle mit schwacher Biegung gebrochen und wieder verkittet.

Auf den Hauptspalten findet man zu unterst Amianth 1), dann Epidot 1), Albit in kleinen weißen Krystallen 2), klaren Apatit 2), selten Adular 2), zuletzt Calcit in abgerundeten flachen Rhomboëdern: Quarz und Scheelit sind selten. Bisweilen sitzen auf Flächen mit Amianthaaren wie Tautropfen ringsum ausgebildete kleine Adulare und Apatite; in manchen kleineren Spalten überwiegt Epidot. Diese Verteilung hängt wesentlich von der Basicität des Gesteines an der betreffenden Stelle ab.

E. Weinschenk[1]) beschreibt ähnliche Vorkommen vom Seebachkar und Söllnkar. In letzterem überwiegt der an der Knappenwand sehr seltene Augit.

In den Centralalpen sind Fundstellen desselben Typus, aber mit weniger schön ausgebildetem Epidot, zahlreich, so unter Alp Cavrein bei Disentis, wo der Quarz häufiger, Apatit und Albit selten sind, bei Guttannen an der Rothlaui, wo Adular häufiger ist.

Verwandt mit diesem Typus sind ferner Fundorte mit vorwiegendem Epidot oder Epidot und Albit oder Albit und Prehnit, die man zahlreich auf Amphiboliten und Hornblendeschiefern der Ost- und Westalpen findet. Wieviel Albit und Prehnit auftritt, hängt von der Menge des kalkreichen Plagioklas (Labrador-Bytownit) ab.

G. Dynamometamorph umkrystallisierte Contactmineralien basischer Gesteine.

In den Ostalpen wie in den Westalpen sind schöne Mineralien bei der Dynamometamorphose aus Contactmineralien umkrystallisiert; es seien die Vorkommen von der Rymfischwängi, dem Theodulpaß, dem Tscherwandune[2]) in den Walliser Alpen, Piz Longhin[3]) in Graubünden, von der Schwarzen Wand am Groß-Venediger[4]), von Ala[5]) erwähnt.

1) E. Weinschenk, l. c. S. 364.
2) L. Desbuissons, l. c.
3) G. Steinmann, Verh. d. d. Nat. Ges. Karlsruhe.
4) E. Weinschenk, S. 445.
5) G. Struever, N. Jahrb. f. Min. usw. 1871, S. 337. Ob das Vorkommen von Ala primäre oder umkrystallisierte Contactmineralien enthält, weiß ich nicht sicher, da ich nicht am Fundort war. Man müßte wissen, ob die Contactmineralien im Gestein zertrümmert sind.

a) Typus Burgumer Alp.

Dicht vor der Sterzinger Hütte in der Burgumeralp (C. Hintze: Wildkreuzjoch Porgumer Alp) liegen nördlich die Blocktrümmer von Serpentinmassen. In diesen findet man vereinzelte Linsen von Kalksilicaten, die als Kalk vom Serpentin bei der Intrusion aus dem Nachbargestein, den Kalkphylliten, herausgerissen und dann zu Kalksilicaten verändert wurden. Die primären Contactmineralien im Gestein, Granat, Vesuvian, Diopsid, Wollastonit, sind zermahlen. Der ganze Serpentin ist mit dem umgebenden Kalkphyllit bei der Überschiebung in sich zertrümmert und überall äußerst stark mechanisch mitgenommen worden. Seine normalen Contactgrenzen gegen den Kalkphyllit sind abgequetscht[1]); die Masse ist in zahlreiche Linsen aufgelöst. Nach Beendigung des tektonischen Prozesses[2]), der zuletzt beim Stillstand kleinere Spalten im Serpentin erzeugte, setzte die chemische Umkrystallisation bezw. die Auskrystallisation aus den heißen, in den großen und zum Teil ganz schmalen Spalten eingeschlossenen Lösungen bei der Abkühlung ein. Die schön ausgebildeten Mineralien sind Idokras von verschiedenstem Habitus 2), Sphen 3), Zirkon (selten) 1), Melanit 2), Diopsid 4), Pennin 3), selten Calcit.

H. Sedimente.

a) Typus Schmirn.

Im Rucksteinergraben bei Schmirn oberhalb Obern ist auf dem Kalkphyllit Albit 1) in schönen klaren Krystallen aufgewachsen und darauf Kalkspat. Noch andere Fundorte dieses bekannten Vorkommens liegen in der Nähe. In den Centralalpen sind viele Analoga dazu; das Muttergestein ist immer kalkreich: so bei Realp im Sericitphyllit des Gotthard, bei Vals-Platz, Alp Buschuna etwas oberhalb an der Waldgrenze.

b) Typus Iseltal.

Am Groß-Venediger im Iseltal ob Praegraten[3]) tritt auf Klüften des Kalkglimmerschiefer Quarz 1), Albit 1), Calcit 3), Praegratit 2) auf, ganz analog den Fundorten bei Fontana im Bedrettotal (Airolo) in den Westalpen.

Zusammenfassend läßt sich etwa folgendes sagen:

Die Verwandtschaft der Mineralvorkommen der Ost- und Westalpen zeigt sich naturgemäß in der Mineralparagenese, die durch die Alpenfaltung

1) Dasselbe findet man bei fast allen Serpentinvorkommen in den Alpen.

2) Eine Frage von mehr geologischem Interesse ist die, ob die Metamorphose des Kalkmergels zu Kalkphyllit und des Melaphyrs (?) zu Serpentin vor der Überschiebung oder nach bezw. während derselben erfolgte. Manches scheint für die erstere Annahme zu sprechen.

3) Vergl. E. Weinschenk S. 469.

entstanden ist. Das sind die Mineralien des alpinen Typus, Kluftmineralien auf kurzen Spalten, die in ihrer chemischen Zusammensetzung streng von dem Gestein abhängig sind, dessen Bestandteile durch heiße wässerige Lösungen in Kluftnähe ausgelaugt wurden.

Die Zillertaler Mineralien sind denen des Gotthard und Tessin, die des Groß-Venedigers denen des Aarmassivs am nächsten verwandt. Für die meisten (aber nicht für alle) Mineralfundorte lassen sich genau damit übereinstimmende Lagerstätten in den Westalpen angeben. Die Ursache hierfür liegt in der chemischen und mineralogischen Ähnlichkeit der Gesteine. — Die dynamometamorphen Gesteinsmineralien sind in den Ostalpen schöner als in den Westalpen; ein Grund hierfür ist mir nicht bekannt.

Eine weitere Ähnlichkeit liegt in dem Fehlen von Drusenmineralien in den Tiefengesteinen und der großen Seltenheit von Pegmatitmineralien in Ost- und Westalpen. Das hat zwei Ursachen: erstens sind die jetzt aufgeschlossenen Tiefengesteine und Pegmatite zertrümmert worden, zweitens sind die Tiefengesteine des Alpenbogens an sich arm an Pegmatiten und an Drusen. Das ist ein charakteristischer Zug von Tiefengesteinen, die zur Gneißbildung in enger Beziehung stehen.

Die Unterschiede zwischen Mineralvorkommen in den Ost- und in den Westalpen liegen in folgendem: Erzgänge, Drusenmineralien der Ergußgesteine, Contactmineralien der Tiefengesteine sind in den Ostalpen schön ausgebildet, in den Westalpen dagegen ohne Bedeutung.

Die Ursache für das letztere liegt in dem Fehlen unveränderter Ergußgesteine in den Westalpen. Die Südzone, in der nicht metamorphe Ergußgesteine zu erwarten wären, liegt westlich fortgesetzt unter der Poebene. Primäre Contactmineralien von Tiefengesteinen fehlen in den Westalpen aus demselben Grunde und weil jüngere Tiefengesteine, wenn überhaupt vorhanden, sehr selten und nur in der Südzone zu erwarten sind. Diese Südzone ist aber in den Westalpen dynamometamorph verändert. In dem schmalen unveränderten Streifen längs der oberitalienischen Seen fehlen im Mesozoicum Tiefengesteine.

Erzgänge sind an sich in den Westalpen seltener als in den Ostalpen; sie waren ferner wie alle Gesteine der Westalpen den tektonischen und chemischen Veränderungen der Tertiärzeit stärker ausgesetzt und daher sind dort vielfach die Erze und ihre Begleiter schlechter erhalten.

Ganz kurz kann man sagen: in den Ostalpen sind die Minerallagerstätten verschiedenartiger, in den Westalpen ist der besondere alpine Typus mannigfaltiger ausgebildet.

XII. Über die graphische Ermittelung der Krystallelemente und den Zonenverband in der gnomonischen Projection.

Von

H. E. Boeke in Halle a./S.

(Mit 7 Textfiguren.)

Bekanntlich werden von V. Goldschmidt und seinen Schülern die Krystallelemente als $p_0\, q_0\, (r_0 = 1)\, \lambda\, \mu\, \nu$ definiert. Darin bedeuten $\lambda\, \mu\, \nu$ die normalen Winkel der Pinakoide (001), (010) und (100), während $p_0\, q_0\, r^0$ als »Maßeinheiten der Kraft in den Richtungen $\lambda\, \mu\, \nu$« bezeichnet werden[1]. Diese Wahl der Elemente $p_0\, q_0\, r_0$ fußt auf einem hypothetischen krystallogenetischen Satz: »Jede Fläche ist krystallonomisch möglich, die senkrecht steht auf einer Molekular-Attraktions-Richtung«[2].

Unabhängig von einer solchen Hypothese ist die ältere und zur Zeit mehr gebräuchliche Wahl der Elemente (»Linearelemente« nach Goldschmidt) $\alpha\, \beta\, \gamma$ für die Winkel zwischen den Krystallaxen und $a\, b\, c$ für das Verhältnis der Axenabschnitte der Grundpyramide (111). Bei Benutzung der Polarprojection (stereographisch oder gnomonisch) sind die Winkel $\lambda\, \mu\, \nu$ etwas einfacher ermittelbar als $\alpha\, \beta\, \gamma$, obgleich auch die letzteren graphisch leicht gefunden werden und bei der Berechnung eines Krystalles meist nebenbei herausspringen. Die Wahl zwischen der Angabe von $\lambda\, \mu\, \nu$ oder $\alpha\, \beta\, \gamma$ dürfte ziemlich belanglos sein; am besten werden die Werte beider Arten von Winkeln mitgeteilt.

Dagegen steht das Verhältnis $a : b : c$ in unmittelbarer Beziehung zum Parametergesetz und zu den Raumgittern, deren Beschaffenheit in neuester Zeit durch die Untersuchungen von M. Laue, Friedrich und Knipping[3]) (Interferenz der Röntgen-Strahlen durch Diffraktion im Raumgitter) in das

---

1) V. Goldschmidt, diese Zeitschr. 1899, **31**, 137.

2) V. Goldschmidt, Index der Krystallformen der Mineralien 1886, **1**, 6.

3) S. diese Zeitschr. **52**, 58 f.

Gebiet des Experimentes gerückt wurde. Auch die sehr einfache graphische Bestimmung von $a : b : c$ aus der gnomonischen Projection (s. unten), sowie die leichte arithmetrische Berechnung machen, ganz abgesehen vom historischen Brauch, die weitere Verwendung des Axenverhältnisses zur Krystallbestimmung erwünscht.

Construktion der Axenabschnitte der in gnomonischer Projection gegebenen Einheitsfläche[1]. Wir nehmen wie üblich die Projectionsebene senkrecht zu den Pinakoiden (010) und (100), die sich mithin im Unendlichen projicieren (Fig. 1). Die Zonenlinie z_2 (111 : 011) ist dann parallel z_1 (001 : 100) und z_4 (111 : 101) parallel z_3 (001 : 010).

In meiner Schrift »die Anwendung der stereographischen Projection bei krystallographischen Untersuchungen« (1911) wurde S. 8 auseinandergesetzt, wie das Axenverhältnis aus den Kanten(Zonen)winkeln ε bis ι

Fig. 1. Fig. 2.

(vergl. die stereographische Projection Fig. 2) abgeleitet werden kann mittelst der Gleichungen

$$\frac{b}{c} = \frac{\sin \vartheta}{\sin \eta} \quad \text{und} \quad \frac{a}{c} = \frac{\sin \varkappa}{\sin \iota}.$$

Diese Zonenwinkel werden nach V. Goldschmidt[2] (durch Aufklappen von Dreiecken in die gnomonische Projectionsebene) sehr einfach gefunden,

---

1) Bei einer Durchsicht der ziemlich umfangreichen Literatur über die gnomonische Projection habe ich diese einfache Construction und ihre Folge bezüglich des Zonenverbandes nicht angegeben gefunden. Allerdings ist ein Teil dieser Literatur russisch erschienen und mir daher unzugänglich. Sollte das Verfahren doch schon irgendwo veröffentlicht worden sein, so dürfte es einen gewissen Nutzen haben durch die obigen Zeilen auf eine Anwendung der gnomonischen Projection hinzuweisen, die ihren Weg in die krystallographischen Lehrbücher noch nicht gefunden hat. Vergl. H. E. Boeke, Die gnomonische Projection in ihrer Anwendung auf krystallographische Aufgaben. Berlin bei Gebr. Borntraeger, 1913.

2) V. Goldschmidt, Über Projection und graphische Krystallberechnung. Berlin 1887, S. 43.

indem man Ct (Fig. 1) senkrecht zu z_1 und Cu parallel z_1 anbringt und u mit den Schnittpunkten s und t verbindet. Es ist dann $\sphericalangle stu = \vartheta$ und $\sphericalangle sut = \eta$. Ähnliches gilt für $\varkappa$ und ι.

Mithin ist

$$\frac{b}{c} = \frac{\sin \vartheta}{\sin \eta} = \frac{su}{st} \text{ und } \frac{a}{c} = \frac{\sin \varkappa}{\sin \iota} = \frac{vx}{vw}.$$

Wünscht man das Verhältnis in der Form $a:1:c$ zu kennen, so trägt man auf einem Schenkel eines beliebigen Winkels (Fig. 3) die Strecken $Od = st$, $Oe = su$, $Of = vw$ und $Og = vx$ ab, auf dem anderen Schenkel die Längeneinheit Ob (z. B. 10 cm). Wird $dc \parallel eb$ und $ga \parallel fc$ gezogen, so kann das Verhältnis $a:1:c$ in Centimetern auf Ob abgelesen werden. Die Reduction läßt sich auch gleich in Fig. 1 vornehmen, indem auf su von s aus die Längeneinheit (z. B. 10 cm) abgetragen und von dem so bestimmten Punkte aus eine Linie parallel ut gezogen wird. Diese Linie schneidet auf st den gesuchten reducierten c-Wert ab. Man benutzt diesen Wert in Δvwx zur entsprechenden Reduction von a.

Fig. 3.

Für das monokline System vereinfacht sich die Construction nur unwesentlich (Fig. 4).

Fig. 4.

Fig. 5.

Im rhombischen System (Fig. 5) ist $\frac{b}{c} = \frac{R}{q_0}$, $\frac{a}{c} = \frac{R}{p_0}$. Außerdem können hier auch die Winkel ε und ζ unmittelbar abgelesen werden und ergibt sich $\frac{a}{b} = \frac{\sin \varepsilon}{\sin \zeta} = \frac{q_0}{p_0}$.

Im tetragonalen System kommt nur $\frac{a}{c} = \frac{b}{c} = \frac{R}{p_0}$ in Betracht.

Schließlich geht die Construction im hexagonalen System aus Fig. 6 hervor: $\frac{a}{c} = \frac{R}{Ct}$.

Eine weitere Folge dieser Construction ist ein anschaulicher Beweis für die von V. Goldschmidt[1]) entdeckte Tatsache der äquidistanten Lage der Zonenlinien, wenn man alle Flächen so weit parallel verschiebt, daß sie die c-Axe in der Einheit schneiden, den Flächen somit immer das Miller'sche Symbol ($hk1$) zulegt.

Fig. 6.

Fig. 7.

Ziehen wir eine Zonenlinie z_5 parallel z_1 (Fig. 7), sodaß die Entfernung von z_5 zu z_2 = der Entfernung von z_2 zu z_1, so gilt für das zu z_5 gehörige Prisma 1. Art $\frac{b'}{c} = \frac{\sin \vartheta'}{\sin \eta'} = \frac{us}{st'}$.

Und weil $st' = 2st$ $\qquad \frac{b'}{c} = \frac{\frac{1}{2}b}{c}$.

Das gedachte Prisma hat also das Symbol $\infty a : \frac{1}{2}b : c$ oder (021). Entsprechend besitzt eine beliebige Fläche der Zone z_5 das Symbol ($h21$).

Was hier für das Prisma (021) bewiesen wurde, gilt allgemein für ein Prisma ($0k1$) bezw. ($0\bar{k}1$): die durch (100) und ($0k1$) gehende Zone ist um $k\,q_0$ (gemessen auf z_3) von z_1 entfernt.

Derselbe Beweis läßt sich für die äquidistante Lage der Zonenlinien parallel z_3 erbringen.

1) V. Goldschmidt, Index 1, 15.

XIII. Auszüge.

1. A. Verneuil (in Paris): **Über die Synthese des Saphirs aus der Schmelze** (Compt. rend. Paris 1910, **150**, 185).

Den künstlichen Korunden wird die blaue Farbe des Saphirs erteilt, wenn der angewandten Thonerde 1,5 % Magnetit und 0,5 % Titansäure zugesetzt werden. Die optische Prüfung durch Wyrouboff ergab die Identität mit natürlichem Saphir.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

2. Derselbe: Über die Natur der Oxyde, welche den orientalischen Saphir färben (Ebenda **151**, 1063).

Die Synthese des Saphirs benutzt als färbendes Agens einen Zusatz von Eisenoxyden und Titansäure, letztere war bis jetzt noch nie als Bestandteil natürlicher Saphire beobachtet worden. Analysen des Verf. zeigten indessen, daß Titan auch im natürlichen Saphir enthalten ist; er untersuchte Material von drei verschiedenen Vorkommen und fand:

	Australien:	Birma:	Montana:
Fe_2O_3	0,92	0,72	0,56
TiO_2	0,031	0,04	0,058
Cr_2O_3	fehlt	fehlt	
SiO_2	Spur	—	0,10
P_2O_5	fehlt	—	fehlt
$CaO + MgO$	fehlt	—	—

Die Färbung ist entweder dem Ti_2O_3 oder der Verbindung $FeTiO_3$ zuzuschreiben.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

3. Gaston Gaillard (in ?): **Beobachtung über einen Unterschied der Lösungsgeschwindigkeit von Zuckerkrystallen, entsprechend verschiedenen Krystallflächen** (Ebenda **150**, 217).

Die Lösungsgeschwindigkeit bei der (5 Minuten langen) Exposition verschiedener Krystallflächen von Rohrzucker wurde gemessen, indem die Menge des gelösten Zuckers aus der Drehung der Lösung bestimmt wurde. Für jede einzelne Fläche war die gelöste Substanzmenge proportional der Oberfläche, dagegen zeigten verschiedenartige Flächen eine deutlich verschiedene Lösungsgeschwindigkeit. Bezüglich der Zahlenangaben muß auf das Original verwiesen werden.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

4. P. Camboulives (in ?): **Die Einwirkung des Kohlenstofftetrachlorids auf einige Mineralien** (Compt. rend. Paris 1910, **150**, 221).

In einer früheren Mitteilung zeigte der Verf., daß verschiedene Sauerstoffverbindungen schon bei relativ niederen Temperaturen von Kohlenstofftetrachlorid zersetzt werden. Die Ausdehnung auf einige natürliche Verbindungen ergab folgendes. Die meisten untersuchten Mineralien werden ebensoleicht angegriffen, wie die entsprechenden Laboratoriumsproducte, die wasserfreien Silicate sind um so widerstandsfähiger, je höher ihr Gehalt an Kieselsäure ist. Die Zersetzung mittelst Kohlenstofftetrachlorid wäre vielleicht mit Vorteil bei Mineralanalysen verwendbar.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

5. F. Kerforne (in ?): **Bemerkung über einen goldführenden Gang von Beslé, Loire-Inférieure** (Ebenda 224).

Das Gold findet sich in Form von Blättchen und Fäden in einem Quarzgang, begleitet von Pyrit und Arsenkies.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

6. G. Fouquet (in ?): **Die spontane Krystallisation des Zuckers** (Ebenda 280).

Verf. studierte die spontane Krystallisation übersättigter Zuckerlösungen. Die stark gerührten Lösungen ergaben für jede Temperatur einen scharfen Punkt maximaler Übersättigung. Die Curve der Übersättigungsconcentration verläuft parallel derjenigen der Sättigungsconcentration; d. h. der Überschuß an Zucker, den eine Lösung enthalten kann, ohne spontan zu krystallisieren, ist unabhängig von der Temperatur. Diese Eigenschaft der Curven scheint durch Zufügung von Verunreinigungen nicht geändert zu werden.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

7. L. Décombe (in ?): **Über die Messung des Brechungsindex von Flüssigkeiten mittelst des Mikroskops** (Ebenda 389).

Ein Tropfen der Flüssigkeit wird auf dem Objecttisch des Mikroskops zwischen einem horizontalen Planglas und einer darauf gelegten planconvexen Linse angebracht. Durch dieses System wird ein leuchtender Punkt abgebildet. Der scheinbare Abstand Δ des Bildpunktes vom tiefsten Punkt der planconvexen Linse wird mittelst der Verticalverschiebung des Mikroskoptubus gemessen. Zwischen diesem Abstand Δ und dem Brechungsquotienten ν der Flüssigkeit besteht die Beziehung

$$\nu = A - \frac{B}{\Delta},$$

wo A und B Instrumentconstanten sind. Die Genauigkeit der Methode soll in monochromatischem Licht 0,001 betragen.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

8. H. Copaux (in Paris): **Über die Verschiedenheit in den Eigenschaften der rechten und linken Krystalle von Kaliumsilicowolframat, sowie überhaupt der Krystalle mit Drehungsvermögen** (Ebenda 475 und Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 162).

Aus Lösungen der Verbindung $2\,SiO_2 . 24\,WO_3 . 4\,K_2O + 36\,H_2O$ erhält man in der Regel nur rechtsdrehende Krystalle. Aus unreinen Lösungen (nur aus-

nahmsweise aus reinen) erhält man linksdrehende Krystalle. Nur durch Impfung mit diesen kann man auch aus reinen Lösungen leicht linksdrehende Krystalle erzielen. Demnach sollte die Stabilität beider Formen verschieden sein. Geometrisch läßt sich ein Unterschied beider Formen nicht mit Sicherheit constatieren, die gemessenen Winkelwerte zeigen keinen Unterschied, der über die Fehlergrenzen der Messung hinausgeht. Dagegen fand Verf. die Löslichkeit beider Formen deutlich verschieden. Bei tiefen Temperaturen (0° C.) sind die linken Krystalle leichter löslich als die rechten, der Unterschied nimmt mit steigender Temperatur (bis 35° C.) ab, ebenso vermindert sich der Unterschied, wenn der Bodenkörper sehr lange Zeit in Berührung mit der Lösung ist. Auch Verbindungen, die mit dem Kaliumsilicowolframat isomorph sind, besitzen die Eigentümlichkeit, vorzugsweise rechtsdrehende Krystalle zu bilden. Weitere Versuche wurden vom Verf. an Natriumperjodat und Natriumchlorat angestellt, auch beim Natriumchlorat ließ sich ein Unterschied bei der Auflösung rechter und linker Krystalle nachweisen, allerdings waren die beobachteten Unterschiede nur geringfügig, ebenso die Unterschiede der Wachstumsgeschwindigkeit. Verf. schließt aus seinen Versuchen, daß sich rechte und linke Krystalle verhalten, wie zwei Modificationen eines polymorphen Körpers. (Inzwischen hat bereits Kreutz in dieser Zeitschr. **51**, 240 f. die Unrichtigkeit der Schlußfolgerungen des Verf. nachgewiesen.)

Ref.: V. M. Goldschmidt.

9. H. Arsandaux (in Paris ?): **Neuer Beitrag zur Kenntnis der Laterite** (Compt. rend. Paris 1910, **150**, 1698).

Verf. fand seine Ansichten über den Chemismus der Silicate im Laterit (siehe diese Zeitschr. **50**, 292) an weiterem Material bestätigt. Neben der Bildung von Kaolin aus Glimmermineralien vollzieht sich eine Hydratation von Thonerde und Eisenoxyd zu Hydragillit und Limonit. Die Umwandlungsvorgänge, die zur Lateritbildung führen, lassen sich durch folgende Reactionsgleichungen symbolisieren:

Feldspat + Wasser = Muscovit + Kieselsäure + Alkali;
Muscovit + Wasser = Kaolin + Thonerde + Kieselsäure + Alkali.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

10. L. de Launay und **G. Urbain** (in Paris): **Über die Metallogenie der Blenden und der daraus entstandenen Mineralien** (Ebenda **151**, 110).

Im Anschluß an die Untersuchungen von Urbain über die spectroskopische Analyse der Zinkblende (siehe diese Zeitschr. **50**, 291) discutieren die Verff. die Verteilung der selteneren Gemengteile in Blenden verschiedenen geologischen Alters und verschiedener Entstehungsweise.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

11. Vandernotte (in ?): **Über den Brookit aus einem Albitsyenit der Gegend von Ernée** (Ebenda 151).

Der Brookit ist auf Kosten verwitterten Biotits entstanden, er wird von Anatas und Zirkon begleitet.

Der Anatas bildet lichtblaue Bipyramiden, abgestumpft durch die Basis. Der Zirkon zeigt {110}, {100}, {101}, {111}, {211}. Die 0,2—0,3 mm langen Brookite sind parallel {100} abgeplattet. Folgende Formen treten auf: {100},

{110}, {001}, sowie Flächen der Zone (010):(011). Die Dichte der gelbbraunen Krystalle beträgt 4,15. Der positive Axenwinkel ($2E$) ergab sich zu 52° (rot), 39° (gelb), 31° (blau).

Auch Paramorphosen von Rutil nach Brookit vom Arkansittypus treten auf; die hohe Dichte des Brookits wird auf eine beginnende Umwandlung in Rutil zurückgeführt.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

12. E. Gourdon (in ?): **Über zwei Zeolithvorkommen in der Antarctis** (Compt. rend. Paris 1910, **151**, 153).

Der erste Fundort lag an der Admiralitätsbucht auf der König Georgs Insel (Süd-Shetland). In einem Basalttuff fanden sich Mandeln mit Quarz, Kalkspat und Zeolithen. Unter den letzteren wurden folgende Species bestimmt: Stilbit, Heulandit (mit den Formen {010}, {001}, {101}, {$\bar{1}$01}, {110}), Analcim, Apophyllit (Combination {001}, {111}, {100}), Mesotyp, Skolezit, Mesolith und Thomsonit.

Der zweite Fundort war die Insel Jenny (67°45′ S., 70°50′ O. Paris). Auf Spalten eines Hornblendeandesits fanden sich blättrige Massen von Stilbit.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

13. A. Lacroix (in Paris): **Über einige Mineralien, die durch Einwirkung des Meerwassers auf römische Metallgegenstände von Mahdia (Tunis) entstanden sind** (Ebenda 276).

Im Jahre 1907 fanden Schwammfischer auf hoher See in 39 m Tiefe bei Mahdia mehrere römische Broncestatuen. Spätere Nachforschungen förderten weitere Metallgegenstände, welche unter dem Einfluß des Meerwassers mit mannigfaltigen Mineralbildungen überzogen waren.

Auf Bleiplatten fand sich Cotunnit; die Krystalle sind parallel der Axe a verlängert. In der Hauptzone konnten folgende Flächen goniometrisch nachgewiesen werden: {001}, {010}, {012}, {011}, {021}. Die erste positive Mittellinie steht senkrecht auf {100}. Ebene der optischen Axen ist {010}. Das Mineral enthält nur Chlor und Blei.

Ein zweites Bleimineral dieses Vorkommens ist Phosgenit, von dem sich nur einige wenige Krystalle fanden (Combination {001}, {110}, {100}, {310}, {111}).

Bleisulfid wurde ebenfalls nachgewiesen.

Kupfergegenstände lieferten das Material zur Bildung von Covellin und Kupferglanz, ein Gemenge beider enthielt 72% Cu, 25,6% S, 2,4% Unlösl. Die Entstehung der Sulfide wird auf die reducierende Wirkung faulenden Holzes zurückgeführt. Dieser reducierenden Wirkung wird auch das Fehlen von Bleioxychloriden zugeschrieben.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

14. F. Grandjean (in St. Étienne): **Bemerkungen über den Sipho der Ammoniten und Belemniten** (Ebenda **150**, 1150).

Eine chemische Untersuchung ergab, daß der Sipho mancher Ammoniten und Belemniten wesentlich aus phosphorsaurem Kalk besteht.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

15. A. Lacroix (in Paris): **Über den Mineralbestand der französischen Phosphorite** (Compt. rend. Paris 1910, 150, 1213).

Die Untersuchung von Phosphoritconcretionen aus Kalksteinen von Quercy ergab die Gegenwart dreier verschiedener Typen. Der erste besteht aus einem Aggregat faseriger Krystalle, der zweite aus isotroper (wohl kolloidaler) Substanz, der dritte ist ein Gemenge der amorphen Substanz mit einer krystallisierten. Die Dichte der amorphen Substanz beträgt 2,82, die Lichtbrechung (*Na*) 1,569; für die Krystalle erhielt Verf. die Werte 2,87 und 1,608, Längsrichtung negativ, Doppelbrechung nicht über 0,004. Folgende Analysen (Pisani) zeigen die Zusammensetzung der amorphen Substanz (I) und der krystallisierten (II):

	I.	II.
CaO	49,73	51,85
P_2O_5	37,40	37,60
F	0,88	1,50
CO_2	3,75	4,00
H_2O	7,05	4,80
Al_2O_3	0,14	—
Fe_2O_3	0,36	—
$Na_2O + K_2O$	0,30	—
	99,61	99,75

Die krystallisierte Substanz ist offenbar nahe verwandt mit Dahllit und Francolith, für amorphe Körper analoger Zusammensetzung schlägt Verf. den Namen Kollophan vor.

Die aus amorpher und krystallisierter Substanz bestehenden Phosphoritmassen nennt der Verf. »Quercyit«.

In manchen Phosphoriten findet sich ein weiteres Mineral, welches sich nicht näher bestimmen ließ, Doppelbrechung positiv, doppelt so stark wie bei den negativen Phosphoritmineralien.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

16. Derselbe: Über das Mineral mit optischer Schraubenstructur aus den holokrystallinen Phosphoriten von Quercy (Ebenda 1388).

Das optisch positive Mineral, welches in manchen Phosphoriten auftritt (s. das vorige Ref.) ließ sich von den anderen Phosphoritmineralien nicht auf mechanischem Wege trennen. Zwei Phosphorite, welche besonders reich an dem positiven Gemengteile sind, wurden von Pisani analysiert, das Material der Analyse I. stammt von Mouillac (Tarn-et-Garonne), dasjenige von II. aus Castillo de Belmez (Provinz Cordova).

Holokrystalline Phosphorite von Mouillac zeigten eine chalcedonartige Schraubenstructur. Die Faseraxe entspricht der Richtung γ, die Substanz ist einaxig negativ; Längsschnitte einer Faser zeigen demnach wechselnde Doppelbrechung, die bis auf Null sinkt. An einigen Proben wurde Zweiaxigkeit beobachtet, die Längsrichtung der Fasern entspricht der Richtung β, die Brechungsquotienten γ und β sind übrigens wenig verschieden, da der negative Axenwinkel sehr klein ist. Die Analyse (Pisani) eines Phosphorits mit Schraubenstructur ergab die unter III. angeführten Zahlen. Die Substanz steht demnach dem Dahllit sehr nahe. Die Dichte wurde zu 2,97 bestimmt, der Brechungsquotient zu 1,62.

Auch das Eisenphosphat Dufrénit zeigt Schraubenstructur; durch den starken Pleochroismus tritt diese schon bei Anwendung nur eines Nicols hervor.

	I.	II.	III.
CaO	50,45	52,50	53,65
P_2O_5	36,60	37,75	38,40
F	0,83	—	—
CO_2	4,62	5,70	5,30
H_2O	6,00	3,20	2,10
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	1,30	0,85	0,57[1]
	99,80	100,00	100,02

Ref.: V. M. Goldschmidt.

17. A. Lacroix (in Paris): **Über das Vorkommen des Connellits in Algier** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 33).

Der Connellit wurde vom Verf. auf blätterigem Baryt von Mouzaïa (Algier) gefunden. Der Connellit tritt in Form kleiner blauer Nadeln auf (Länge bis 2 mm). Die qualitative chemische Untersuchung und die Prüfung der optischen Eigenschaften ergaben die Identität mit Connellit.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

18. Derselbe: Über das Vorkommen einer Abart des Minervits auf Réunion (Ebenda 34).

Die Analyse eines weißen, isotropen Phosphatminerals von Réunion durch Pisani ergab folgende Zahlen:

P_2O_5	42,70
Al_2O_3	21,00
Fe_2O_3	2,90
K_2O	1,20
$(NH_4)_2O$	3,47
H_2O	29,80
	101,07

welches der Zusammensetzung des Minervits sehr nahe kommt.

In einer alten Analyse desselben Minerals waren ganz andere Zahlen angegeben. Wahrscheinlich ist auch der Palmerit nur eine Abart des Minervits.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

19. Derselbe: Neue Beobachtungen an den Mineralien der Pegmatite von Madagaskar (Ebenda 37).

Turmalin. Die vom Verf. früher beschriebenen Turmaline stammen aus drei Gruppen von Vorkommen, Antandrokomby, Ambohiponana und Topombohitra, sowie im Tal von Sahatany die Fundorte Maharitra, Ampaskiatra, Ambalaroy und Anosivolo.

Einige neue Funde von diesen Vorkommen (Rubellit, grüner und schwarzer Turmalin) werden beschrieben.

---

1) $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + F$.

Rhodizit. Ein regulär tetraëdrisches Mineral von Antandrokomby erwies sich bei näherer Untersuchung als Rhodizit. Die Krystalle erreichen eine Größe von 1,5 cm, sie zeigen das Tetraëder {111} herrschend, daneben {110}, {$\bar{1}$11}, {100}. Das Mineral besitzt die Härte 8, die Dichte 3,305. Nach der optischen Untersuchung sind die Krystalle nur pseudoregulär, die optischen Verhältnisse sind analog denen des uralischen Rhodizits, doch ist die Doppelbrechung viel schwächer. Die Lichtbrechung (*Na*) beträgt etwa 1,69. Die Analyse wurde von Pisani an Material ausgeführt, das nur durch etwas Triphan verunreinigt war, sie ergab:

B_2O_3	40,60
Al_2O_3	30,50
BeO	10,10
Li_2O	7,30
K_2O (+ Cs_2O)	5,90
Na_2O	3,30
SiO_2	1,36
Glühverlust	0,45
	99,51

Nach Abzug von Triphan, entsprechend dem Kieselsäuregehalt, führt die Analyse zu der Formel:

$$6\,B_2O_3 . 3\,Al_2O_3 . 4\,BeO . 4\,(Li, K, Na, H)_2O.$$

Die physikalischen Eigenschaften entsprechen dem uralischen Rhodizit, dem allerdings eine andere Formel zugeschrieben wurde. Offenbar ist ein Gehalt an Beryllium im Rhodizit bisher übersehen worden.

Der Rhodizit von Madagaskar tritt zusammen mit Triphan als wesentlicher Gemengteil eines Pegmatitganges auf; von anderen Mineralien wurden Quarz, Mikroklin, Albit, Turmalin und Mikrolith beobachtet.

Alkalireicher Beryll (Worobieffit). Die rosenroten, nach der Basis tafelförmigen, Berylle von Maharitra und Antandrokomby erreichen sehr große Dimensionen, so zeigte ein Bruchstück eine Breite von 15 cm, bei 5 cm Dicke. Neue Krystallfunde zeigten neben der Basis herrschend die Form {11$\bar{2}$1}, ferner wurden {31$\bar{4}$1}, {10$\bar{1}$1}, {11$\bar{2}$0}, {10$\bar{1}$0} constatiert. Die Brechungsquotienten für *Na*-Licht wurden an einem durchsichtigen Krystall (Dichte 2,82) und einem durchscheinenden (Dichte 2,86) bestimmt.

	Durchsichtig:	Durchscheinend:
γ	1,5977	1,5977
α	1,5894	1,5903

Danburit. Dieses Mineral wurde in Maharitra gefunden; die bis 3 cm großen durchsichtigen Krystalle zeigen die Formen {001}, {010}, {100}, {110}, {130}, {101}.

Hambergit. Außer in Anjanabonoana findet sich Hambergit auch in Maharitra. Die Krystalle erreichen nur eine Länge von 4 cm; sie zeigen die Formen {001}, {010}, {100}, {110}, {210}, {362}. Der Hambergit von Anjanabonoana wurde von Pisani analysiert:

B_2O_3	35,10
BeO	54,80
$Na_2O + K_2O$	Spur
H_2O	10,95
	100,85

Granat. Im Pegmatit von Maharitra findet sich gelbrot durchsichtiger Grossular, der etwas manganhaltig ist.

Spessartin (Dichte 4,18) findet sich mit Lithiumturmalin und rosa Beryll auf dem Berge Tsimanannarana, südlich von Tsilaisina.

Almandin fand sich in Form eines Krystalles {211} aufgewachsen auf schwarzem Turmalin von Tongafeno.

Triphan. Die zahlreichen Stücke dieses Minerals von Madagaskar zeigen nie eine Begrenzung durch ursprüngliche Krystallflächen. Als Fundorte werden Antandrokomby, Maharitra und Ampaskiatra angegeben.

Bityit. Von diesem, sehr seltenen Mineral wurden drei neue Stufen gefunden (Maharitra). Die Formel des Minerals wird vom Verf. gegenüber der ersten Berechnung verändert, er schreibt jetzt:

$$21\,SiO_2 . 16\,Al_2O_3 . 14\,(Ca, Be, Mg)O . 4\,(Li, Na, K)_2O . 14\,H_2O.$$

Durch diese Berichtigung wird die Stellung des Bityits im Mineralsystem nicht geändert, er muß der Staurolithgruppe zugezählt werden.

Feldspäte. Mikroklin (Fundort Maharitra) von weißer bis grüner Farbe, ist oft von Albit überwachsen. Der Mikroklin zeigt sehr feine Gitterstructur, doch kommen auch Individuen ohne Zwillingsbildung vor.

Lazulith. Das früher vom Verf. beschriebene Mineral stammt nicht von Bity, sondern einem weiter östlich gelegenen Fundorte, nahe dem See Anosy, nordöstlich von Betafo. Der Lazulith findet sich mit Lithiumturmalin in Pegmatit.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

20. A. Lacroix (in Paris): **Über den Thenardit von Bilma (östliche Sahara)** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 68).

Salzkrusten von Bilma bestehen teils aus einem Gemenge von Kochsalz und Thenardit, teils aus reinem Thenardit. Die Krystalle des letzteren Minerals zeigen teils nur {111}, teils {111}, {101}, {110}; in manchen Proben sind alle Krystalle nach {101} verzwillingt (Aufstellung nach Haußmann). Die Krystalle erreichen gewöhnlich eine Länge von 5 mm, doch kommen auch viel größere vor, so einer von den Dimensionen 11 cm × 8 cm × 2 cm.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

21. Derselbe: Über das Vorkommen von Cristobalit im Massiv des Mont-Dore (Ebenda 86).

In Hohlräumen eines porösen Sanidintrachyts im Tal von Chaudefour finden sich Krystalle von Tridymit und Cristobalit. Beide Mineralien zeigen die charakteristischen optischen Eigenschaften. Die bekannten Umwandlungspunkte wurden zu 130° C. (Tridymit) und 175° C. (Cristobalit) bestimmt.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

22. A. Lacroix (in Paris): **Über den Rivotit** (Bull. soc. franç. min. 1910, 33, 190).

Eine Untersuchung des sogenannten Rivotits [an Material von Irazeïn bei Senteïn (Ariège)] ergab, daß kein einheitliches Mineral vorliegt, sondern ein Gemenge von Malachit und Stibiconit. Stellenweise kommt dieses Gemenge in solchen Mengen vor, daß es ein wichtiges Kupfer- und Silbererz bildet.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

23. Derselbe: Über ein neues Mineral aus den Eisengruben von Segré (Ebenda 270).

Das neue Mineral gehört der Glimmer-Chloritgruppe an, die Tafeln erreichen eine Größe von 1,5 cm, Farbe schwarzgrün. Das Mineral ist einaxig negativ, Doppelbrechung stärker als die des Biotits, der Pleochroismus ist sehr stark: γ opakes Schwarz, α helles Gelb. Die Dichte beträgt 2,86. Von Salzsäure wird die Substanz zersetzt, wobei Blättchen von Kieselsäure hinterbleiben. Die Analyse (Pisani) ergab:

SiO_2	43,65
Al_2O_3	5,22
Fe_2O_3	18,80
FeO	19,00
MgO	3,22
CaO	0,94
Na_2O	0,66
K_2O	3,00
H_2O	6,00
	100,49

Diese Zahlen führen zu der Formel: $17SiO_2 . 4Fe_2O_3 . 8FeO . K_2O . 8H_2O$. Das Mineral nimmt demnach eine Mittelstellung zwischen Lepidomelan und Stilpnomelan ein, Verf. gibt ihm den Namen »Minguétit« nach der Grube, wo es gefunden wurde.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

24. Derselbe: Über einen interessanten Fall der Bildung von Kalkspat in einer Pflanze durch einen biologischen Proceß (Ebenda 273).

Im Holz einer Euphorbiacee (Hieronymia alchornoides All.) fand man 7 m über dem Erdboden eine Höhlung von den Dimensionen $10 \times 10 \times 30$ cm, welche fast ganz mit Kalkspat erfüllt war. Die Höhlung ist der Tätigkeit von Insekten zuzuschreiben. Der Kalkspat bildet ein Aggregat centimeterlanger braunroter Fasern. Seine Dichte wurde zu 2,72 bestimmt, er ist einaxig negativ. Der kohlensaure Kalk stammt aus dem Saft der Pflanze, welcher im Liter 0,37 % CaO enthält.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

25. Derselbe: Über zwei uranhaltige Niobotitanate von Madagaskar (Ebenda 321).

In einem zersetzten Pegmatit von Ambolotara bei Betafo fanden sich Mikroklin, Biotit, Muscovit, Cyrtolith, Euxenit und Blomstrandit (nicht Blomstrandin!). Der Euxenit kommt außer in derben Klumpen auch in Krystallen vor (Combination: $\{010\}$, $\{100\}$, $\{110\}$, $\{201\}$). Das Mineral ist bräunlichschwarz,

durch Verwitterung wird es gelb und erdig. Die Dichte beträgt 4,862, die Analyse (Pisani) ergab die unter I. angeführten Zahlen. Der Blomstrandit kam in einer unregelmäßig begrenzten Masse von einigen 100 g Gewicht vor; er ist grünlichbraun, die Dichte ist 4,07—4,17. Im Gegensatz zum Euxenit wird er von Salzsäure zersetzt. Die Analyse (Pisani) ist unter II. wiedergegeben.

	I.	II.
Nb_2O_5	33,70	34,80
TiO_2	19,10	18,30
ThO_2	1,54	1,30
SnO_2	—	0,30
UO_2	16,40	26,60[1]
Y_2O_3	18,38	—
Ce_2O_3	2,44	0,60
Al_2O_3	1,30	2,10
Fe_2O_3	—	2,87
FeO	1,10	0,90
MgO	—	0,40
CaO	2,27	3,45
Glühverlust	4,00	7,60[2]
	100,23	99,22

Ref.: V. M. Goldschmidt.

26. Oswald (in ?): **Über die Heterogenität des Rhabdits von Commentry** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 88).

Eine erneute Untersuchung des Rhabdits von Commentry zeigte, daß die Substanz ein Gemenge verschiedener Körper ist. Dies ergab sich einerseits aus der Beobachtung im metallographischen Mikroskop, andererseits aus der chemischen Trennung der einzelnen Bestandteile. Diese sind FeS, Fe_3P und phosphorhaltiges freies Eisen (vom Verf. als Eutecticum Fe-P bezeichnet). Die Mengen dieser Componenten ergaben sich in drei Analysen zu:

	I.	II.	III.
FeS	1,13	1,13	1,13
Fe_3P	45,70	45,85	45,32
Fe	51,85	52,70	52,15
P	0,87	0,90	0,89
	99,55	99,58[3]	99,52[3]

Ref.: V. M. Goldschmidt.

27. F. Grandjean (in St. Étienne): **Zweite Mitteilung über den neugebildeten Feldspat nichtmetamorpher Sedimente** (Ebenda 92; vergl. diese Zeitschr. 1911, **50**, 300).

Neugebildeter Feldspat wurde in Kalksteinen einiger weiterer Fundorte nachgewiesen. Die chemische Analyse isolierten Feldspatmaterials ergab, daß ein natronhaltiger Kalifeldspat vorliegt. Die Procentgehalte an Natron verhalten

1) U_2O_3 (? Ref.). 2) H_2O.

3) Soll heißen 100,58 und 99,49.

sich zum Kali wie 1 : 4 bis 1 : 2. Kalk fehlt im Feldspat anscheinend völlig. Da perthitische Verwachsungen fehlen, handelt es sich um eine isomorphe Mischung von Kali- und Natronfeldspat der Reihe Mikroklin-Anorthoklas.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

28. J. Becquerel (in Paris): **Über die polarisierte Phosphorescenz und über den Zusammenhang zwischen dem Pleochroismus der Phosphorescenz und dem Pleochroismus der Absorption** (Compt. rend. Paris 1910, **151**, 859).

Bei tiefen Temperaturen (flüssiger Stickstoff) besteht das Phosphorescenzlicht des Rubins aus zwei intensiven Linien ($\lambda = 691{,}8$ und $693{,}2$), sowie zahlreichen schwächeren zwischen 690 und 710. Mit einem Nicol erkennt man, daß sich zwei Emissionsspectra unterscheiden lassen, ein ordinäres und ein extraordinäres. Die Phosphorescenzlinien des Rubins sind als dunkle Linien im Absorptionsspectrum enthalten; entwirft man gleichzeitig die Spectra der Phosphorescenz und der Absorption, so kann man die Umkehrung der einzelnen Linien beobachten. Auch am Smaragd wurde die Umkehrung einiger Banden nachgewiesen.

Wird die Phosphorescenz des Rubins durch polarisiertes Licht erregt, so treten je zwei analoge Linien beider Phosphorescenzspectra mit derselben relativen Intensität auf, welches auch die Polarisationsrichtung des erregenden Lichtes sei. Die absolute Intensität der Phosphorescenzlinien ist jedoch von dieser Polarisationsrichtung abhängig, sie ist am größten, wenn die erregende Schwingungsrichtung normal zur optischen Axe liegt.

Diese Erscheinung ist eine Folge pleochroitischer Absorption. Eine Änderung im Polarisationszustand des erregenden Lichtes bewirkt nur eine Änderung der absoluten Intensität bei den einzelnen Linien beider Phosphorescenzspectra, ohne jedoch die Art des Schwingungsmechanismus zu beeinflussen.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

29. A. Guntz und **Galliot** (in ?): **Über die Darstellung krystallisierten Strontiums** (Ebenda 813).

Das silberweiße Metall wurde durch Reduction des Oxyds mit Aluminium erhalten. Dichte (bezogen auf Wasser von 0^0) 2,63.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

30. A. Brun (in Genf): **Der Realgar und der Schwefel vom Papandayan (Java)** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 127).

Verf. teilt Beobachtungen mit, die er im August 1908 an der Solfatara vom Papandayan angestellt hat. An wässerigen Fumarolen von 110^0 wird Schwefel in einem dichten Filz nadeliger Krystalle ausgeschieden. Die Fumarolen von 125^0 liefern den Schwefel in Form mitgerissener Tröpfchen, der sich in Form hohler Säulen über der Solfatarenmündung anhäuft. Diese Säulen können 3 m Höhe erreichen. Die wärmsten Fumarolen (210^0 und 270^0) sind von einem Ring aus Realgar umgeben. An einer Stelle wurde schwarzer Schwefel beobachtet.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

31. Azéma (in ?): **Mitteilung über Jarosit** (Bull. soc. franç. chim. 1910, 33, 130).

Der untersuchte Jarosit fand sich als Überzug auf Schwefelkies von Saint-Félix-de-Pallières (Gard) und wurde früher als Pastreït bezeichnet. Das stark doppeltbrechende Mineral ist einaxig negativ, die Härte beträgt 2,5, die Dichte 3,02. Die vom Verf. ausgeführte Analyse ergab:

SO_3	32,02
Fe_2O_3	48,63
K_2O	7,75
Na_2O	0,55
H_2O	10,61
Unlöslich	0,29
	99,85

Diese Zahlen führen auf die Jarositformel, der Pastreït ist somit keine selbstständige Species.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

32. L. Michel (in ?): **Über ein Vorkommen von Hübnerit in Pelagatos, Provinz Santiago de Chuco (Peru)** (Ebenda 239).

Der Hübnerit kommt mit Fahlerz, Bleiglanz und Pyrit in N-S streichenden Gängen vor. Der rote Hübnerit findet sich in undeutlichen Krystallen (die krystallographischen Angaben des Verfs. widersprechen einander zum Teil, Ref.) mit einem Gehalt an Wolframsäure von ca. 73 %.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

33. G. Wyrouboff (in Paris): **Die »ansteckenden Krankheiten« der Metalle** (Ebenda 296).

Verf. wendet sich gegen E. Cohen's Darstellungsweise der »Metallkrankheiten« und hebt insbesondere hervor, daß es sich um gewöhnliche Fälle von Polymorphie handle, für welche die Bezeichnung »Krankheit« nicht glücklich gewählt sei.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

34. P. Gaubert (in Paris): **Über die Bestimmung der Mineralien mittels Farbenreactionen** (Ebenda 324).

Verf. läßt nach dem Vorgang von L. Lévy die feingepulverten Mineralien mit verschiedenen organischen Körpern (Morphin, Naphtol, Papaverin usw.) reagieren, wobei die Gegenwart von Vanadin, Wolfram, Chrom, Titan, Zinn charakteristische Farbstoffe liefert.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

35. Derselbe: Über die weichen Krystalle (Ebenda 326 und Compt. rend. Paris 1910, 151, 532).

Die weichen Krystalle von Bienenwachs, Cetylalkohol, Paraffin, Ozokerit usw. bilden einen Übergang zwischen den fließenden Krystallen und den gewöhnlichen krystallisierten Körpern. Die Einzelkrystalle zeigen teils Begrenzung durch ebene Flächen, teils gekrümmte Grenzflächen. Durch Druck können die Krystallindividuen miteinander verschmelzen, besonders bei Temperaturen nahe unter dem

Schmelzpunkt, ferner nehmen sie an Glasoberflächen eine bestimmte Orientierung an (optische Axe senkrecht zur Berührungsfläche). Alle diese Eigenschaften werden an zahlreichen Beispielen erläutert.

Der orientierende Einfluß einer Glasoberfläche kann dazu benutzt werden, die Brechungsindices der Krystalle am Totalreflectometer zu messen. Verf. erhielt auf diese Weise folgende Zahlen:

	γ	α
Ammoniumoleat	1,470	1,447
Kaliumoleat	1,465	1,452
Lecithin	1,49	1,473
Paraffin (Schmelzp. 44°)	1,52	1,49
Hatchettin	1,502	1,480
Ozokerit	1,54	1,15
Bienenwachs	1,538	1,49
Cetylalkohol	1,52	1,49
Cetin	1,50	1,48
Cholesterinmalat	1,55	1,50

Alle diese Körper sind somit stark doppeltbrechend.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

36. C. A. Ktenas (in Athen): **Über die krystallographischen Beziehungen zwischen Laurionit und Paralaurionit** (Bull. soc. franç. min. 1910, 33, 173).

Verf. fand interessante krystallographische Relationen zwischen den zwei Modificationen der Substanz $PbCl(OH)$, Laurionit und Paralaurionit.

Die monoklinen Krystalle des Paralaurionits sind stets tafelförmig nach {100} und oft nach der *b*-Axe verlängert. Das wichtigste Zwillingsgesetz (*A*) besteht in einer Hemitropie um die Normale von {100}. Zwillinge nach diesem Gesetz können nach anderen Gesetzen zu höheren Complexen verbunden sein, so nach dem Gesetz *B*, wobei die *c*-Axe Hemitropieaxe ist; oder den Zwillingsgesetzen *C*, bei diesen ist die Fläche {100} beiden Individuen gemeinsam, gleichzeitig kommen ungleichwertige Zonen beider Krystalle zur Coincidenz. Bei den Gesetzen *C* sind verschiedene Specialfälle zu unterscheiden, bei denen die *b*-Axen beider Krystalle Winkel von 90°, 75°?, 60,5° und 34° einschließen.

Die Krystalle des Laurionits sind ebenfalls nach einem Pinakoid abgeplattet und nach einer Axe verlängert, letztere wurde bisher zur Verticalaxe gewählt. Stellt man die Krystalle analog dem Paralaurionit (Tafelebene gleich {100}, Längsrichtung gleich *b*), so tritt eine auffallende Ähnlichkeit beider Mineralien in Habitus und Winkeln zutage. Diese Ähnlichkeit zeigt sich auch in den Zwillingsverwachsungen; bei Laurionit kennt man Zwillinge mit gemeinsamer Fläche {100} und Durchkreuzung unter Winkeln von 90°, 75° und 34°.

Hiernach wäre anzunehmen, daß der Laurionit durch submikroskopische Zwillingsbildung des Paralaurionits entsteht. Eine Stütze für die pseudorhombische Natur des Laurionits findet der Verf. auch in der Streifung, die auf verschiedenen Flächen auftritt.

Orientierte Verwachsungen von Laurionit und Paralaurionit zeigen eben die gegenseitige Stellung der Mineralien, welche der krystallographischen Analogie entspricht.

Die Verwandtschaft beider Mineralien äußert sich auch in der Form der

Ätzfiguren. Die Ätzfiguren des Laurionits haben eine Form, als seien sie aus je zwei Ätzfiguren des Paralaurionits spiegelbildlich zusammengefügt.

Aus allen diesen Beobachtungen zieht der Verf. den Schluß, daß die Punktnetze beider Species in der Tafelebene {100} identisch sind, daß die rhombischen Krystalle des Laurionits wahrscheinlich aus monoklinen Lamellen von Paralaurionit aufgebaut sind, und daß dieser Zwillingsbau wahrscheinlich ein molekularer ist.

Eine weitere Stütze für die Auffassung des Verf. bilden die optischen Eigenschaften beider Mineralien.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

37. H. Ungemach (in Honcourt bei Weiler, U.-Elsaß): **Über den Hopeït** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 132).

Der Verf. untersuchte zehn Krystalle von Broken-Hill (Rhodesia). Er wählte eine neue Aufstellung, indem er als Axen a, b, c, die folgenden Größen nimmt c, b, $3a$, aus seinen Messungen erhielt er das Axenverhältnis

$$a : b : c = 0,47698 : 1 : 1,7379.$$

Folgende neuen Flächen werden angegeben: {210}, {120}, {025}, {056}, {054}, {043}?, {032}, {114}, {115}?, {116}, {117}, {119}, {3.3.10}, {3.3.11}, {121}, {132}, {142}; diese neuen Formen wurden u. a. aus den folgenden Messungen bestimmt:

	Gefunden (Mittel):	Berechnet:
(010) : (120)	= 46° 21′	46° 21′
(1$\bar{1}$0) : (210)	38 53	38 50
(001) : (025)	34 33	34 48
(001) : (056)	55 24	55 22
(001) : (054)	65 2	65 17
(001) : (043)	67 5	66 39
(001) : (032)	69 14	69 1
(001) : (3.3.10)	50 16	50 27
(001) : (3.3.11)	47 43	47 45
(001) : (114)	45 19	45 15,5
(001) : (115)	39 56	38 54,5
(001) : (116)	33 59	33 56
(001) : (117)	29 52	29 58
(001) : (119)	25 appr.	24 9
(001) : (121)	78 44	78 46
(001) : (132)	72 33	72 33
(001) : (142)	75 40	75 42
(010) : (121)	47 24	47 23
(010) : (132)	38 34	38 34
(010) : (142)	30 39	30 53
(010) : (210)	20 11	20 16,5

Die pseudohexagonalen Krystalle gehören nach den gemessenen Winkelwerten und der parallelen Auslöschung zum rhombischen System, die Verteilung der Flächen deutet jedoch auf monoklin prismatische Symmetrie mit der Fläche {001} (Aufstellung Ungemach) als einziger Symmetrieebene. Diesem Dilemma möchte der Verf. entgehen, indem er für den Hopeït eine neue Symmetrieklasse aufstellt, die rhombisch klinotype Klasse, die er folgendermaßen definiert: »Eine

Symmetrieebene, in der dazu senkrechten Zone sind zwei Flächen entwickelt oder möglich, deren gegenseitiger Winkel bei allen Temperaturen 90° beträgt: die Auslöschung in Schnitten parallel der Symmetrieebene verläuft parallel den Tracen dieser Flächen« (!). (Falls sich die beobachteten Abweichungen von rhombisch bipyramidaler Flächenverteilung als wesentlich feststellen lassen, wären die Krystalle als Zwillinge der rhombisch-bisphenoidischen Klasse aufzufassen, Ref.) Ätzfiguren ergaben jedoch rhombisch-bipyramidale Symmetrie.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

38. H. Ungemach (in Honcourt bei Weiler, U.-Elsaß): **Beitrag zur Mineralogie Mexicos** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 375).

Silberglanz. Krystalle von San Luis Potosi und von der Grube La Luz, Guanajuato werden beschrieben, letztere zeigen u. a. die Combination: {100}, {101}, {201}, {601}, ferner solche von der Grube San Rafael, Zacatecas, mit den Flächen {100}, {101}, {601}, {211}.

Kupferkies kommt in sehr flächenreichen Krystallen in der Grube La Primavera bei Canelas, Durango vor. Die gemessenen Winkel entsprechen genau tetragonaler Symmetrie. Folgende Formen wurden nachgewiesen: {110}, {001}, {331}, {11.11.4}, {221}, {553}, {332}, {111}, {115}, {$1\bar{1}1$}, {101}, {908}*, {403}, {302}, {201}, {301}*, {601}, {513}, {212}, {323}, {313}, {737}* ?, {16.16.7} ?, {443} ?. Die mit * bezeichneten Flächen sind neu, sie folgen aus den Messungen:

	Gefunden:	Berechnet:
(201) : (908)	15° 7′	15° 9′
(201) : (301)	8 18	8 13
(101) : (737)	16 43	16 44

Tetraëdrit von Canelas, Durango wird von Arsenkies begleitet, er zeigt folgende Flächen: {111}, {$1\bar{1}1$}, {100}, {101}, {211}, {744}, {332}.

Proustit von Chihuahua bildet kleine Krystalle der Combination: {$21\bar{3}1$}, {$10\bar{1}1$}, {$10\bar{1}2$}, {$10\bar{1}4$}, {$53\bar{8}8$}*, {$11\bar{2}0$}, {$10\bar{1}0$}. Die neue Form {$53\bar{8}8$} in der Zone ($10\bar{1}1$) : ($2\bar{3}11$) wurde aus der Messung des Winkels ($53\bar{8}8$) : ($5\bar{8}38$) bestimmt; gefunden 47°, berechnet 45° 53′.

Pyrargyrit von La Luz, Guanajuato wird ausführlich beschrieben. Die Krystalle bilden reiche Combinationen bekannter Formen.

Stephanit von La Luz, Guanajuato gehört zu den vollkommensten und flächenreichsten überhaupt bekannten Krystallen. Folgende Formen wurden nachgewiesen: {001}, {010}, {100}, {310}, {110}, {120}, {130}, {150}, {190}, {1.15.0}*, {301}, {023}, {011}, {021}, {041}, {114}, {113}, {112}, {223}, {111}, {332}, {221}, {331}, {661}*, {312}, {311}, {9.11.1}*, {571}*, {461}, {354}, {352}, {351}, {243}, {241}, {134}, {133}, {132}, {131}, {3.10.2}*, {142}, {152}.

Die mit * bezeichneten Formen sind neu. Ferner werden Krystalle desselben Minerals von Sonora beschrieben, sowie solche von einem nicht näher bekannten mexicanischen Fundort, letztere lieferten die neuen Formen {116}* und {117}*. Zur Bestätigung dienten außer der Lage in Zonen die folgenden Messungen:

	Gefunden:	Berechnet:
(001) : (116)	= 12° 9′	12° 6′
(001) : (117)	10 36	10 25
(001) : (661)	82 30	82 37
(110) : (9.11.1)	7 8	7 5
(110) : (571)	12 2	12 4
(010) : (1.15.0)	6 14	6 3

Polybasit ist in Mexico ein wichtiges Silbererz. Krystalle von Las Chiapas, Sonora, werden beschrieben, ihre Zusammensetzung wird durch die Analyse I gegeben; ein anderes Vorkommen von Sonora besaß die Zusammensetzung II; auch ein Vorkommen von La Primavera, Canelas wurde krystallographisch untersucht. Die Indices der pseudohexagonalen Krystalle werden für hexagonale Aufstellung gegeben, da es sich als unmöglich erwies, die ähnlich gelegenen Einzelformen zu unterscheiden.

	I.	II.
Ag	64,49	68,90
Cu	9,70	5,21
Fe	0,41	0,09
Zn	0,34	—
Sb	8,08	8,85
As	1,78	1,07
S	15,10	15,33
	99,90	99,45

Eisenglanz. Krystalle von Rancho de los Nuñes, Guanajuato, wurden schon früher (s. diese Zeitschr. 1907, **42**, 292) von Mc. Kee beschrieben.

Verf. (Ungemach) gibt an, Mc. Kee's Angaben beruhten auf falschen Berechnungen der Winkel (dies ist jedoch nicht der Fall, Mc. Kee's Indices beziehen sich auf ein Axensystem, das um 30° gegen das übliche gedreht ist, also Aufstellung G_2; der Vorwurf gegen Mc. Kee ist somit ganz unbegründet. Ref.). Von neuen Formen fand der Verf. $\{80\bar{8}1\}$ und $\{1.0.\bar{1}.12\}$ mit den Winkeln:

	Gefunden:	Berechnet:
$(0001):(80\bar{8}1)$	= 85°19′—85°29′	85°28′
$(0001):(1.0.\bar{1}.12)$	7 15	7 29

An Eisenglanz von Cerro la Gigante, Niedercalifornien, fand Verf. die neuen Formen $\{44\bar{8}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$, $\{16.16.\overline{32}.3\}$, die mit folgenden Winkelangaben belegt werden:

	Gefunden:	Berechnet:
$(11\bar{2}0):(44\bar{8}1)$	= 84°31′—84°40′	84°46′
$(11\bar{2}0):(11\bar{2}1)$	69 42	69 53
$(11\bar{2}0):(16.16.\overline{32}.3)$	86 4	86 4,5

Kupferlasur fand sich in schönen flächenreichen Krystallen auf der Grube Jesus Maria, El Carmen, Durango.

Pyromorphit in Form gelber Fasern von Cosihuiriachic, begleitet von Dolomit, besaß folgende Zusammensetzung:

PbO	80,85
P_2O_5	15,01
As_2O_5	1,11
CaO	0,58
MgO	0,22
CO_2	nicht bestimmt
Cl	2,57
	100,34

Magnesium und ein Teil des Calciums stammen von beigemengtem Dolomit.

Mimetesit von Santa-Eulalia im Staate Chihuahua zeigte die Combination von $\{10\bar{1}1\}$ mit einer sehr spitzen Pyramide, wohl $\{70\bar{7}1\}$.

Topas von den Fundorten La Paz (Guanajuato), Guanajuato, San Luis Potosi, sowie von Pianos (Zacatecas) werden eingehend krystallographisch beschrieben. An Krystallen des letzten Vorkommens fand Verf. das Axenverhältnis $a:b:c = 0{,}52840:1:0{,}95326$. Die neue Fläche $\{750\}$ wurde durch folgende Messungen gesichert:

	Gefunden:	Berechnet:
$(750):(7\bar{5}0)$ =	41° 36′	41° 36′
$(750):(110)$	7 4	7 3

Kieselzinkerz von Santa Eulalia, Chihuahua, zeigte folgende Formen $\{100\}$, $\{110\}$, $\{130\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{101\}$, $\{301\}$, $\{011\}$, $\{031\}$, $\{211\}$, $\{141\}$ $\{00\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{01\bar{1}\}$, $\{12\bar{1}\}$, $\{21\bar{1}\}$; auch Krystalle von Cosihuiriachic werden beschrieben (ersteres Vorkommen ist inzwischen von M. Seebach u. F. P. Paul eingehend beschrieben worden, diese Zeitschr. 1912, **51**, 149).

Datolith von Guanajuato bildet flächenreiche Combinationen bekannter Formen, herrschend sind $\{102\}$ und $\{013\}$.

Apophyllit von pyramidalem oder prismatischem Habitus findet sich in verschiedenen Gruben von Guanajuato.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

39. Ph. Barbier und **F. Gonnard** (in Lyon): **Über den Beryll und den Muscovit der Gegend von Olliergues (Puy-de-Dôme)** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 74).

Der Beryll findet sich in einem Pegmatitgange, zusammen mit Mikroklin, Quarz, Muscovit und Turmalin. Eine Analyse des Vorkommens von Biauchaud ergab:

SiO_2	65,87
Al_2O_3	19,61
BeO	12,41
Glühverlust	2,12
	100,01

Außerdem Spuren von Calcium und Eisen.

Eine Analyse des Muscovits von demselben Vorkommen wurde an stark geglühtem Material ausgeführt. Der Wassergehalt des frischen Materials beträgt 5,09 %, hieraus wurde folgende Zusammensetzung des Muscovits berechnet:

SiO_2	46,42
Al_2O_3	34,85
Fe_2O_3	1,95
MgO	0,27
Na_2O	1,31
K_2O	10,03
Li_2O	Spur
H_2O	5,09
	99,92

Ref.: V. M. Goldschmidt.

40. Ph. Barbier und **F. Gonnard** (in Lyon): **Über den Beryll von Montjeu (Saône-et-Loire)** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 78).

Der Beryll findet sich in einem Quarzgang, welcher ein Teil eines sehr grobkörnigen Pegmatits ist. Zwei Analysen des Berylls wurden ausgeführt:

SiO_2	65,83	65,86
Al_2O_3	19,27	19,52
BeO	13,22	12,87
Glühverlust	1,57	1,58
	99,89	99,83

Dies führt zu der Formel: $H_2Be_5Al_4Si_{11}O_{34}$, die auch aus der Analyse des Berylls von Biauchaud (s. oben) folgt.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

41. Dieselben: Über den Christianit (Phillipsit) der Mandelräume im schlackigen Basalt von Sirgwitz bei Löwenberg (Schlesien) (Ebenda 79).

Krystalle der Combination $\{001\}$, $\{110\}$, $\{010\}$ wurden analysiert. Die Zahlen:

SiO_2	45,21
Al_2O_3	21,34
CaO	6,41
MgO	4,53
K_2O	3,49
H_2O	18,86
	99,84

führen auf die Formel: $15\,SiO_2 . 4\,Al_2O_3 . 5\,(Ca, Mg, K_2)O . 20\,H_2O$. Bemerkenswert ist der hohe Gehalt des Minerals an Magnesia.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

42. Dieselben: Analysen einiger französischer Feldspäte (Ebenda 81).

Die Verff. analysierten Feldspäte folgender Vorkommen: I. Feldspat aus Granit von Villeneuve (Côte-d'Or), II. Orthoklas aus Pegmatit von Chausseroze (Côte-d'Or), III. Feldspatkrystalle aus einem Porphyrgranit von Limonest (Rhône), IV. Feldspatkrystalle von Francheville-le-Haut (Rhône), V. und VI. Feldspatkrystalle aus Einschlüssen im Basalt von Puy de Montaudoux bei Royat (Puy-de-Dôme). Die Analysen V. und VI. sind nach Abzug von 8 % und 6 % Kalkspat berechnet.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
SiO_2	65,87	66,91	65,46	64,74	66,42	66,31
Al_2O_3	19,38	18,52	19,09	19,58	19,63	20,41
CaO	0,38	0,51	0,62	0,77	0	0,83
Na_2O	1,26	8,16	2,58	2,08	4,20	3,71
K_2O	12,89	5,29	11,69	12,13	8,95	8,72
Glühverl.	—	0,39	0,45	0,62	0,73	—
	99,78	99,78	99,89	99,92	99,93	99,98

In I. wurde Strontium nachgewiesen, in I., II., III., IV. Lithium, in IV. Rubidium. Manche Proben des Feldspats I. enthalten Spuren von Kupfer und Titansäure.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

43. F. Gonnard (in Lyon): **Über das Leben der Mineralien** (Bull. soc. franç. min. 1910, 33, 97 und 250).

Die Abhandlung sucht Analogien zum organischen Leben in den Bildungsvorgängen und der Umwandlung der Mineralien.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

44. Derselbe: Über das complexe Carbonat mit pseudooktaëdrischer Form aus den Hohlräumen des Piperins vom Puy de la Poix (Ebenda 110).

Das Carbonat, welches in der oktaëderähnlichen Combination eines Rhomboëders mit der Basis auftritt, wurde früher für einen etwas kalk- und eisenoxydulhaltigen Magnesit gehalten. Eine qualitative Prüfung zeigte, daß außerdem noch Mangan vorhanden ist. Im Anschluß hieran bringt der Verf. Betrachtungen über die Nomenklatur der Ankerit-Dolomit-Mineralien.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

45. Derselbe: Über die Einschlüsse von Orthoklas im Basalt von Pardines bei Issoire (Ebenda 149).

Die Orthoklaseinschlüsse im Basalt erinnern an Adular (es handelt sich vielleicht um Sanidin, Ref.).

Ref.: V. M. Goldschmidt.

46. Derselbe: Über die Vorkommen von Edelsteinen im Velay und der Basse-Auvergne, ihre geographische Verbreitung in beiden Gebieten und die Mineralgesellschaft, welche sie enthalten (Ebenda 152).

Das Vorkommen folgender Mineralien wird besprochen: Korund (Saphir), Ilmenit, Martit, Pleonast, Zirkon, Granat, Olivin, Andalusit, Sillimanit, Beryll, Turmalin, Apatit. Großenteils stammen dieselben aus Einschlüssen vulkanischer Gesteine; sie werden stellenweise auf secundärer Lagerstätte gesammelt.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

47. Derselbe: Krystallographische Bemerkungen über den Azurit (Chessylith) von Chessy (Rhône) (Ebenda 241).

Verf. beschreibt einige flächenreiche Krystalle von Kupferlasur. Ähnliche Typen wurden schon von Schrauf gemessen. Ferner discutiert Verf. die Abweichungen, die zwischen den von verschiedenen Mineralogen angenommenen Axenverhältnissen des Chessyliths auftreten.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

48. F. Gonnard (in Lyon): **Krystallographische Bemerkungen über den Kalifeldspat vom Monte Orfano bei Baveno (Provinz Novara)** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 251).

Nach einleitenden Bemerkungen über das Vorkommen der Feldspatkrystalle von Baveno wird ein Vielling nach dem Bavenoer Gesetz ausführlich beschrieben. Die Gruppe umfaßt zehn Individuen.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

49. Derselbe: Über den Unterschied der Flächen bei den Einzelkrystallen eines Bavenozwillings von Kalifeldspat vom Monte Orfano (Baveno), der sich in farbigen Überzügen auf bestimmten Flächen zeigt (Ebenda 276).

Die Flächen $\{010\}$ eines Zwillings waren mit einer dünnen Schicht von Chlorit bedeckt, die anderen Flächen dagegen glänzend oder schwach mit Eisenglanz bestäubt.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

50. Derselbe: Krystallographische Bemerkungen über den Mesotyp (Natrolith) des Departements Puy-de-Dôme (Ebenda 279).

Verf. bringt einige Winkelmessungen an den Flächen $\{11.10.11\}$ und $\{40.40.39\}$, welche mit den berechneten Werten recht gut übereinstimmen. Ferner werden Parallelverwachsungen mehrerer Krystalle beschrieben und abgebildet. Die Krystallisationsreihenfolge der Zeolithe in Mandelräumen wird für die besprochenen Vorkommen formuliert: 1. Analcim, 2. Natrolith und Kalkspat, 3. Aragonit, 4. Apophyllit, Phillipsit und Chabasit, 5. Braunspat.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

51. Derselbe: Über tiefe Ätzungen an Quarzkrystallen mittelst Flußsäure (Ebenda 338).

Verf. beschreibt die Erscheinungen, welche er beobachtete, als er Quarzkrystalle längere Zeit der ätzenden Wirkung von Flußsäure ausgesetzt hatte. Die beiden Rhomboëder werden durch die Ätzung völlig rauh, an den Kanten zwischen positiven und negativen Rhomboëderflächen bleiben Wülste stehen. Bei weiter vorgeschrittener Ätzung verschwinden die Rhomboëderflächen gänzlich, während die Prismenflächen erhalten bleiben. In einem anderen Fall wurde die Bildung der bekannten Ätzflächen an den Kanten der beiden Rhomboëder constatiert.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

52. Derselbe: Über das Vorkommen von Olivin mit den (von Michel-Lévy beschriebenen) Plagioklasen in den Spalten des umgewandelten Basaltes von Périer bei Issoire (Puy-de-Dôme) (Ebenda 342).

Das Vorkommen von gelbbraunen Olivinkrystallen wird kurz beschrieben.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

53. Derselbe: Über einige Quarzkrystalle von la Gardette (Isère) (Ebenda 344).

Es werden einige Quarzkrystalle, größtenteils ganz gewöhnliche Combinationen, beschrieben.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

54. F. Grandjean (in St. Étienne): **Über die Messung der Deformation von Sedimentgesteinen (Kalkgesteine, Schiefer) mittelst der Deformation klastischer Turmalinkrystalle** (Compt. rend., Paris 1910, **151**, 907).

Verf. fand, daß die klastischen Turmaline mechanisch beanspruchter Sedimentgesteine an beiden Enden Anwachszonen zeigen, deren Länge als Maß der Gesteinsdeformation genommen wird. Es handelt sich offenbar um eine Erscheinung, welche der Krystallisationsschieferung analog ist. Die Anwendung der Methode wird an mehreren Beispielen erläutert.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

55. P. Gaubert (in Paris): **Einfluß von Lösungsgenossen auf die Tracht der Krystalle von Meconsäure und über deren Pseudopleochroismus** (Ebenda 1134).

Die rhombisch pyramidalen, nach $\{100\}$ tafeligen Krystalle zeigen die Formen $\{100\}$, $\{110\}$, $\{010\}$ herrschend, $\{011\}$, $\{032\}$ klein, $\{015\}$ selten. Spaltbar nach $\{001\}$. Angenäherte Messungen:

$$(110):(1\bar{1}0) = 63^0$$
$$(01\bar{1}):(001) \quad 138$$

führen zu $a:b:c = 0{,}613:1:0{,}900$. Ebene der optischen Axen ist $\{010\}$, die erste Mittellinie α entspricht der Verticale; $2E_{\text{gelb}} = 48^0\,55'$; Doppelbrechung sehr hoch.

Durch zahlreiche Lösungsgenossen wird die Krystalltracht beeinflußt; die Änderungen lassen sich auf zwei Typen zurückführen.

1) Die Krystalle werden stark nach der Verticale verlängert, wenn die Lösung einen der folgenden Körper enthält: Chrysoin, Saint-Denisrot, Aurin, Biebrichscharlach, Pikrinsäure, Purpurin.

2) Eine starke Verlängerung nach der Axe b wird durch folgende Lösungsgenossen bedingt: Methylenblau, Bismarckbraun, Hämatoxylin, Brillantgrün, Methylviolett, Gentianaviolett und anderen.

Durch manche Lösungsgenossen (Methylenblau) wird der Hemimorphismus der Krystalle besonders deutlich. Die Beeinflussung der Krystalltracht bei gleichzeitiger Anwesenheit mehrerer Lösungsgenossen entspricht der Superposition der Einzelwirkungen.

Auch ungefärbte Lösungsgenossen ändern die Krystalltracht. Harnstoff verleiht den Krystallen einen eigentümlichen Pseudopleochroismus (Absorptionsmaximum in der Richtung von γ). Die Ursache des Pleochroismus sind kleine Gasblasen und Einschlüsse, die dem Krystall orientiert eingelagert sind.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

56. F. Grandjean (in St. Étienne): **Optische Untersuchungen der Lösungen schwerer Dämpfe in gewissen Zeolithen** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 5).

Im wesentlichen eine ausführliche Darstellung der Untersuchungen, welche schon in dieser Zeitschr. **50**, 293, referiert sind. Bezüglich der vielen Zahlenangaben muß auf das Original verwiesen werden.

Während manche Zeolithe große Mengen schwerer Dämpfe aufzunehmen vermögen, absorbieren andere (z. B. Mesotyp, Analcim, Stilbit, Heulandit) nur Spuren davon. Dies hat seinen Grund vielleicht in den speciellen Versuchsbedingungen. Im allgemeinen ist jedoch das Absorptionsvermögen nahe verwandter Species oft sehr verschieden.

Aus den Versuchsresultaten leitet der Verf. zwei zusammenfassende Sätze ab:

1) Wenn der Krystall irgendeine Substanz absorbiert, dieselbe sei krystallisiert oder nicht, gibt er ihr eine gesetzmäßige Orientierung.

2) Die optischen Eigenschaften des Complexes liegen niemals zwischen den optischen Eigenschaften des reinen Krystalles und des reinen absorbierten Körpers.

Die fremde Substanz wird offenbar in Form eines regelmäßigen Gitters aufgenommen, das jedoch von dem eigenen Gitter derselben Substanz verschieden ist. Das Gitter des Wirtkrystalles wird offenbar durch den Fremdkörper nur wenig geändert, die Krystallflächen behalten ihre Lage und ihren Glanz, ebenso bleibt die Spaltbarkeit beibehalten. Dagegen werden die optischen Eigenschaften sehr stark beeinflußt.

Die mit schweren Dämpfen gesättigten Zeolithe werden vom Verf. den »festen Lösungen« zugezählt.

Es ist von besonderem Interesse, daß auch ein nichtzeolithisches Mineral, der Mikrosommit, Jod in fester Lösung aufzunehmen vermag.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

57. **G. Friedel** und **F. Grandjean** (in St. Étienne): **Lehmann's anisotrope Flüssigkeiten** (Compt. rend., Paris 1910, **151**, 327, 442, 762, 988).

In einer Reihe von Aufsätzen suchen die Verff. zu zeigen, daß Lehmann's flüssige und fließende Krystalle weder die Structur noch die Eigenschaften von Krystallen besitzen.

Die flüssigen Krystalle, oder wie die Verff. sie nennen, »Flüssigkeiten mit Kernen« werden zuerst besprochen. Die Doppelbrechung wird hier nicht der Flüssigkeit selbst zugeschrieben, sondern den Grenzschichten, welche dem Glase adhärieren. Die Flüssigkeit wird als isotrop und sehr stark drehend angenommen. Als typischer Repräsentant derartiger Körper wird Azoxyphenetol aufgestellt.

Die fließenden Krystalle, von den Verff. »Flüssigkeiten mit Kegeln« genannt, sollen den Krystallen noch ferner stehen, als die flüssigen Krystalle. Die Verff. möchten sie als einen besonderen Aggregatzustand betrachten. Als typischer Vertreter dieser Gruppe wird azoxyzimtsaures Aethyl genannt.

In einer dritten Mitteilung wird gezeigt, daß die fließenden Krystalle nicht nur kegelförmige Gebilde erkennen lassen, sondern auch Curven von der Art focaler Kegelschnitte, deren geometrische Eigentümlichkeiten ausführlich beschrieben werden.

Die letzte Abhandlung bildet eine Entgegnung an Mauguin (siehe die folgenden Referate). Die Verff. schlagen statt des Namens »flüssige Krystalle« die Bezeichnung »anisotrope Flüssigkeiten« vor, welche keine hypothetische Annahme über Krystallstructur enthält.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

58. **Ch. Mauguin** (in Paris): **Flüssige Krystalle in convergentem Licht** (Ebenda 886).

Unter den Beobachtungen, welche Verf. an flüssigen Krystallen angestellt hat, ist besonders hervorzuheben, daß die Anzahl der Ringe gleichen Gangunterschiedes im Axenbild regelmäßig mit der Schichtdicke wächst. Demnach ist die

Doppelbrechung nicht auf die Oberflächenhaut beschränkt, sondern kommt der gesamten Flüssigkeitsmasse zu. Variiert man die Schichtdicke durch Heben und Senken des Deckglases, so beobachtet man eine entsprechende Verschiebung der Curven gleichen Gangunterschiedes. Die Größe der Doppelbrechung wurde am Azoxyphenetol zu 0,37 gemessen, nahe übereinstimmend mit dem von Lehmann angegebenen Wert 0,33. Das Verhalten im convergenten Licht wird für Schnitte verschiedener Orientierung (senkrecht schief und parallel zur Axe) beschrieben. Der Verf. fand die Angaben Lehmann's vollständig bestätigt.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

59. Ch. Mauguin (in Paris): **Doppeltbrechende Flüssigkeiten mit Schraubenstructur** (Compt. rend., Paris 1910, **151**, 1141).

Versuche am Azoxyphenetol zeigten dem Verf., daß die Orientierung der flüssigen Krystalle von einer dünnen Haut abhängt, welche an der Glasoberfläche adhäriert und der benachbarten Flüssigkeitsmasse eine specielle Orientierung verleiht. Durch Verschiebung des Deckglases werden die obere und untere Oberflächenhaut gegeneinander verschoben; die derart deformierten flüssigen Krystalle können zwischen gekreuzten Nicols nicht mehr zur Auslöschung gebracht werden. Verf. nimmt an, daß die anisotrope Flüssigkeit zwischen beiden Oberflächenschichten eine continuierlich veränderliche Orientierung besitzt, etwa vergleichbar einem schraubenartigen Aufbau aus unendlich dünnen doppeltbrechenden Platten. Die Beobachtungen im parallelen und convergenten Lichte bestätigten diese Annahme.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

60. W. Vernadsky und **E. Revutsky** (in Moskau): **Über den chemischen Unterschied zwischen Orthoklas und Mikroklin** (Ebenda 1372).

Nach F. Gonnard und P. Barbier (vgl. diese Zeitschr. 1910, **48**, 215) sollte ein chemischer Unterschied zwischen Orthoklas und Mikroklin bestehen, derart, daß der Orthoklas Spuren von Lithium und Rubidium enthält, welche im Mikroklin fehlen. Die Verff. zeigen, daß diese Behauptung im Widerspruch mit den tatsächlichen Verhältnissen ist, indem sie Rubidium, Lithium, zum Teil auch Cäsium in Mikroklin folgender Fundorte nachwiesen (Ilmengebirge, Buö bei Arendal, Pikes Peak, Hunttila und Lojo in Finnland).

Alle untersuchten Proben bestanden aus Fragmenten reiner Krystalle, die auch optisch als Mikroklin bestimmt wurden.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

61. G. Friedel und **F. Grandjean** (in St. Étienne): **Beobachtungen an den flüssigen Krystallen von Herrn O. Lehmann** (Bull. soc. franç. min. 1910, **33**, 192).

In dieser umfangreichen Abhandlung stellen die Verff. ihre Beobachtungen an flüssigen Krystallen zusammen und suchen zu zeigen, daß es sich nicht um Krystalle handelt, sondern um Flüssigkeiten besonderer Structur, deren Eigenschaften zum Teil von denen einer dünnen Oberflächenschicht überdeckt werden.

Bezüglich der zahlreichen experimentellen Untersuchungen und ihrer theoretischen Behandlung muß auf das Original verwiesen werden.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

62. O. Lehmann (in Karlsruhe): **Flüssige Krystalle, Antwort an G. Friedel und F. Grandjean** (Bull. soc. franç. min. 1910, 33, 300).

Verf. zeigt, gestützt auf zahlreiche Beispiele aus seinen Arbeiten, daß seine Auffassung der flüssigen Krystalle besser den beobachteten Tatsachen entspricht, als diejenige von Friedel und Grandjean. Der Unterschied beider Anschauungsweisen der flüssigen Krystalle scheint darin zu bestehen, daß Friedel und Grandjean in der Definition eines Krystalles das Hauptgewicht auf die Eigenschaft der Homogenität legen, während Lehmann im Krystall wesentlich eine anisotrope Phase sieht, welche die Fähigkeit orientierten Wachstums besitzt.

Die Belege experimenteller Natur, welche Lehmann zugunsten der krystallinen Natur der flüssigen Krystalle bringt, beweisen, daß die regelmäßige Structur nicht auf Oberflächenschichten beschränkt ist, sondern sich auch im Innern dicker Flüssigkeitsschichten findet.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

63. G. Friedel und **F. Grandjean** (in St. Étienne): **Anisotrope Flüssigkeiten, Bemerkungen zu der Mitteilung von O. Lehmann** (Ebenda 466).

Entgegnung auf die Einwände von Lehmann gegen die Darlegungen der Verff. Es wird hervorgehoben, daß die regelmäßig begrenzten, krystallähnlichen Flüssigkeitstropfen, welche Lehmann beschrieben hat, von den Verff. nicht beobachtet wurden. Streifungen und Fäden in den krystallinischen Flüssigkeiten, welche die Verff. beschrieben hatten, wurden von Lehmann auf Verunreinigungen zurückgeführt; sie finden sich jedoch in allen untersuchten Präparaten.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

64. Dieselben: Geometrische Beobachtungen an den Flüssigkeiten mit focalen Kegelschnitten (Ebenda 409. Vergl. Ref. Nr. 57 in dieser Zeitschr. 52, 200).

Die Verff. beschreiben zunächst eine Versuchsanordnung zur Beobachtung fließender Krystalle, bestehend aus einem Heizmikroskop, auf dessen Objecttisch die Flüssigkeiten teils zwischen zwei Glasoberflächen beobachtet wurden, teils nur auf einem Glase, teils frei über eine Öffnung ausgespannt. Die Beobachtung an Körpern vom Typus des Äthylazoxybenzoats ergab die Gegenwart feiner Linien in der Flüssigkeit, deren geometrische Eigenschaften zum Gegenstand einer besonderen Studie gemacht wurden.

Die Curven sind nicht auf die Oberflächenhaut beschränkt, sondern existieren räumlich in der Flüssigkeit, es sind Ellipsen und Hyperbeln. Je eine Ellipse und eine Hyperbel sind derart verknüpft, daß sie sich in jeder Projection orthogonal schneiden. Sie müssen deshalb folgende räumliche Orientierung besitzen: Die Ebene der Hyperbel steht senkrecht auf derjenigen der Ellipse, die großen Axen beider Kegelschnitte sind gemeinsam, der Scheitel der Hyperbel geht durch den einen Brennpunkt der Ellipse. Mehrere solche Gebilde sind zu einer Einheit höherer Ordnung verbunden, indem die Äste der verschiedenen Hyperbeln sich in gewissen gemeinsamen Schnittpunkten treffen. Ein solche Gruppe zeigt im ebenen Schnitt polygonale Umgrenzung durch gerade oder gekrümmte Linien.

Die Anordnung der verschiedenen Kegelschnitte in der anisotropen Flüssigkeit wird ausführlich erörtert. Es ist bemerkenswert, daß die Verteilung isotroper Partien in der Flüssigkeit eng an die Orientierung der Ellipsen und Hyperbeln geknüpft ist.

Auch sehr complicierte Gebilde werden beschrieben, welche auftreten, wenn man die isotrope Schmelze langsam bis zum Umwandlungspunkt abgekühlt hat. Sie bestehen aus Tropfen anisotroper Flüssigkeit, welche regelmäßig angeordnete Gruppen von Kegelschnitten erkennen lassen. Diese Körper werden als »Pseudokrystalle« bezeichnet.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

65. Prost (in Lyon): **Krystallform eines Fenchonoxims** (Bull. soc. franç. chim. 1910, 7, 346).

Formel: $C_{10}H_{17}NO$. Dargestellt von P. Barbier und F. Grignard.

Monoklin. $a:b:c = 0,95:1:0,7218$; $\beta = 100^0\,39'$.

Beobachtete Formen: {110}, {100}, {011}, {$\bar{1}$01}, {101}.

	Gefunden:	Berechnet:
(100):(110) =	*43° 2′	—
(110):(10$\bar{1}$)	*68 20	—
(110):(011)	*59 40	—
(011):(101)	46 55	46° 58′
(100):(101)	46 0	46 8
(110):(101)	59 30	59 34
(011):(10$\bar{1}$)	52 10	52 0
(100):(10$\bar{1}$)	59 40	59 40

Schmelzpunkt 161°—162°.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

66. H. Dufet († in Paris): **Krystallform des Trikaliumiridodichlorodinitrooxalats $IrCl_2(NO_2)_2(C_2O_4)K_3$** (Ebenda 508).

Dargestellt von M. Vèzes und A. Duffour.

Rhombisch. $a:b:c = 0,59101:1:0,81461$.

Beobachtete Formen: {110}, {010}, {011}, {102}. Tafelig nach {010}, keine Spaltbarkeit.

	Gefunden:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	61° 12′	61° 10′
(110):(010)	*59 25	—
(011):(0$\bar{1}$1)	*78 20	—
(011):(010)	50 46	50 50
(102):($\bar{1}$02)	69 10	69 9
(102):(011)	50 19	50 19,5
(110):(011)	71 17	71 15
(110):(102)	60 46	60 45

Ebene der optischen Axen ist {100}, die erste positive Mittellinie steht senkrecht auf {010}; $2E = 56^0\,12'$ (Li), $63^0\,24'$ (Na), $70^0\,24'$ (Tl); die Brechungsindices (Na) sind:

$$\gamma = 1,6692$$
$$\beta = 1,5791$$
$$\alpha = 1,5689$$

Ref.: V. M. Goldschmidt.

67. Prost (in Lyon): **Krystallform der l-Pinonsäure $C_{10}H_{16}O_3$** (Bull. soc. franç. chim. 1910, 7, 548).

Dargestellt von P. Barbier und F. Grignard.

Monoklin-sphenoidisch.

$$a:b:c = 0,5782:1:0,6216; \quad \beta = 105^0.$$

Beobachtete Formen: {001}, {100}, {010}, {110}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{1}$11}. Spaltbar nach {$\bar{1}$01}, die Krystalle sind nach {001} tafelig.

	Gefunden:	Berechnet:
(001):(100) =	*75° 0′	—
(100):(10$\bar{1}$)	49 48	49° 48′
(10$\bar{1}$):(001)	*55 12	—
(001):(110)	77 2	76 57
($\bar{1}$10):($\bar{1}\bar{1}$1)	72 30	72 23
($\bar{1}\bar{1}$1):(00$\bar{1}$)	59 0	58 58
(10$\bar{1}$):(010)	90 0	90 0
(10$\bar{1}$):($\bar{1}\bar{1}$1)	25 24	25 24
($\bar{1}\bar{1}$1):($\bar{1}$00)	54 11	54 20
(110):(010)	*60 49	—
(010):(100)	90 0	90 0

Charakter der Doppelbrechung negativ.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

68. G. Cesàro (in Lüttich): **Krystallform und Zusammensetzung des von Moressée dargestellten wasserhaltigen Magnesiumcarbonats** (Bull. de la Classe des Sciences, Bruxelles 1910, 234).

Bei der Darstellung von Magnesia aus Dolomit nach dem Verfahren von Moressée entsteht ein wasserhaltiges basisches Magnesiumcarbonat. Mitunter erhält man dabei durchsichtige Krystalle eines wasserhaltigen Carbonats, die vom Verf. näher untersucht wurden.

Die Härte beträgt 2,5, die Dichte 1,73. Die Krystalle sind monoklin $a:b:c = 1,652:1:0,9681; \quad \beta = 78^0 11'$. Die beobachteten Formen sind. {100}, {001}, {110}, {210}, {011}, {$\bar{2}$01}, {111}, {$\bar{1}$11}, {211}, {$\bar{2}$11}: Spaltbar parallel der Basis.

Ebene der optischen Axen normalsymmetrisch; Doppelbrechung positiv; $\beta = 1,47; \quad 2V = 60^0 37'$.

$$\gamma - \alpha = 0,051, \quad \gamma - \beta = 0,038, \quad \beta - \alpha = 0,013.$$

Die Analyse ergab:

MgO	22,80
CO_2	25,43
H_2O	51,77 (Diff.)
	100,00,

entsprechend der Formel $MgCO_3 . 5H_2O$. Die Lichtbrechung, welche sich nach dem Gesetz von Gladstone aus der Zusammensetzung berechnen läßt, stimmt gut mit dem beobachteten Wert überein.

Durch Auflösung des Minerals und Wiederkrystallisieren erhält man Krystalle des wasserärmeren Nesquehonits.

Ein Vergleich des untersuchten wasserhaltigen Magnesiumcarbonats mit dem Mineral Lansfordit ergab die nahe krystallographische Übereinstimmung beider, allerdings wird die Symmetrie des Lansfordits als triklin angegeben. Der Unterschied in der chemischen Zusammensetzung:

$$\text{Künstliche Krystalle} = 4(MgCO_3 . 5H_2O),$$
$$\text{Lansfordit} = 4MgO . 3CO_2 . 22H_2O$$

wird auf beginnende Verwitterung des Lansfordits zurückgeführt.

In einem Anhang wird gezeigt, daß Dana's Angabe, der Lansfordit sei optisch negativ, in Widerspruch mit den von Dana angeführten Brechungsquotienten steht. Der Fehler liegt offenbar darin, daß der Brechungsquotient α falsch berechnet ist; unter Voraussetzung negativer Doppelbrechung erhält man für α den Wert 1,412 statt dem von Dana gegebenen Wert 1,495. Hieraus folgt $(\gamma - \alpha) = 0,114$, ein Wert, der in der folgenden Abhandlung (s. das Ref. Nr. 69) bestätigt wurde.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

69. G. Cesàro (in Lüttich): **Über den Nesquehonit** (Bull. de la Classe des Sciences, Bruxelles 1910, 749).

Eine erneute Bearbeitung des Nesquehonits von La Mure (Isère) ergab folgende Resultate.

Der Nesquehonit ist in kaltem Wasser löslich, beim Verdampfen des Lösungsmittels scheidet er sich von neuem aus. Ein Liter Wasser von Zimmertemperatur löst 2 g des Minerals. Der Winkel des Spaltungsprismas beträgt ca. 65°.

Die künstliche Darstellung des Nesquehonits gelang aus einer Lösung von Natriumbicarbonat und Magnesiumchlorid. Die Zusammensetzung des so erhaltenen Materials führte zu der Formel: $MgCO_3 . 3H_2O$. Die Krystalle zeigen die Formen: {010}, {110}, {001}, {011}. Doppelbrechung negativ. Erhitzungsversuche zeigten, daß der Nesquehonit 2 Mol. Wasser unter 162° abgibt, das letzte Molekül Wasser entweicht erst bei Temperaturen über 175°. Verf. schreibt dem Nesquehonit folgende Structurformel zu:

```
         OH   / O
          |  /  |
HO — C <     Mg    +   2 aq.
             \  |
              \ O
```

Die Bildungsbedingungen der zwei Verbindungen Nesquehonit und Lansfordit deuten darauf, daß dem Lansfordit die einfache Formel $MgCO_3 . 5H_2O$ zukommt.

Der Lansfordit entsteht bei der Krystallisation unter erhöhtem Druck, der Nesquehonit bei Atmosphärendruck, nur ganz ausnahmsweise bildete sich Lansfordit bei gewöhnlichem Druck.

Verf. stellte Versuche an, ob andere zweiwertige Metalle als Magnesium durch Fällung mit Natriumbicarbonat wasserhaltige Carbonate geben. Baryum und Calcium ergaben nur die wasserfreien Carbonate Witherit und Kalkspat, Kobalt einen Körper, der wahrscheinlich mit Sphärokobaltit identisch ist.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

70. Derselbe: Über den Nesquehonit (Ebenda 844).

Bei niedrigen Temperaturen erhielt Verf. künstlichen Lansfordit auch unter Atmosphärendruck durch Fällung von Magnesiumchlorid mit Natriumbicarbonat.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

71. J.-E. Verschaffelt (in Brüssel): **Über die Existenz einer Maximalablenkung bei der Brechung des Lichtes in einem krystallinen Prisma** (Bull. de la Classe des Sciences, Bruxelles 1910, 125).

Verf. discutiert die optischen Erscheinungen, welche auftreten, wenn ein doppeltbrechendes Prisma von einer Flüssigkeit umgeben ist, deren Brechungsquotient zwischen den extremen Werten des anisotropen Körpers liegt. Verf. beschreibt Versuche an einem Spaltungsrhomboëder von Kalkspat, das in verschieden stark lichtbrechenden und dispergierenden Flüssigkeiten eingebettet wurde. Für gewisse Orientierungen des Prismas wird die Ablenkung des außerordentlichen Strahles gleich Null, zwischen diesen Stellungen liegen andere, bei welchen die Ablenkung ein Maximum erreicht.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

72. Derselbe: Über die Ablenkung der Lichtstrahlen beim Durchgang durch ein krystallines Prisma (Ebenda 169).

Hier wird die analytische Behandlung des in der vorigen Arbeit besprochenen Problems gegeben. Verf. behandelt dann als Beispiel den Fall eines Kalkspatprismas in verschieden hoch lichtbrechenden Flüssigkeiten. Der Prismenwinkel wird zu 60° angenommen, die optische Axe liegt in der einen Fläche, senkrecht zur Kante. Für Brechungsquotienten der Flüssigkeit zwischen 1,48 und 1,54 ist ein Maximum der Ablenkung der außerordentlichen Welle zwischen zwei Stellungen minimaler Ablenkung vorhanden; ist die Lichtbrechung der Flüssigkeit niedriger als 1,48 oder höher als 1,67, so existiert nur ein Minimum; für Lichtbrechungen zwischen 1,54 und 1,67 ist weder ein Minimum noch ein Maximum zu erwarten.

Für den Fall eines Prismas, dessen brechende Flächen symmetrisch zur optischen Axe liegen (die optische Axe teilt den brechenden Winkel in zwei gleiche Hälften), ergibt die Rechnung, daß bei einem gewissen Brechungsquotienten des umgebenden Mediums die Ablenkung des außerordentlichen Strahles vom Einfallswinkel unabhängig ist. Im Falle des Kalkspates ist dieser specielle Brechungsquotient gleich 1,4496.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

73. Derselbe: Über die Ablenkung der außerordentlichen Wellen in einem krystallinen Prisma (Ebenda 380).

Die Abhandlung enthält die allgemeine analytische Behandlung der Frage, in welchen Fällen die Ablenkung des außerordentlichen Strahles unabhängig vom Incidenzwinkel ist (siehe das vorige Referat). Die speciellen Berechnungen der vorigen Abhandlung werden durch die allgemeineren Formeln bestätigt.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

74. J.-E. Verschaffelt und **A. Scouvart** (in Brüssel): **Experimentelle Untersuchungen über die Form der Wellenfläche in doppeltbrechenden Krystallen** (Ebenda 518).

Die Messung der Ablenkung durch ein Prisma gestattet die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit in dem Körper, aus dem das Prisma besteht. Die Verff. wollten die Ablenkung durch ein und dasselbe Prisma in verschiedenen Stellungen benutzen, um die Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Richtung zu studieren. Messungen an einem Topasprisma $\{110\}$ mit dem

brechenden Winkel $55^0 47'$ erlaubten nur eine so geringe Variation der Strahlenrichtung im Krystall, daß sich daraus keine Schlüsse über die Gestalt der Wellenoberfläche ableiten ließen.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

75. J.-E. Verschaffelt und A. Scouvart (in Brüssel): **Experimentelle Untersuchungen über die Form der Wellenoberfläche in doppeltbrechenden Krystallen (zweite Mitteilung)** (Bull. de la Classe des Sciences, Bruxelles 1910, 590).

In der Fortführung der oben beschriebenen Versuche wurden die Messungen an dem Topasprisma in Wasser statt in Luft ausgeführt. Bei dem geringen Genauigkeitsgrad der Messungen (Ablesung auf $1'$) und der schwachen Doppelbrechung des Topases konnte die Gestalt der Wellenoberfläche auch aus diesen Versuchen nicht bestimmt werden.

Ref.: V. M. Goldschmidt.

76. F. M. Jaeger (in Groningen): **Krystallform einiger organischer Verbindungen** (Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique 1910, 29).

Mesoxalsäureamid $C(OH)_2(CONH_2)_2$ (l. c. 127).

Beginnende Zersetzung ohne Schmelzung bei ca. 130^0.

Rhombisch-bipyramidal. $a:b = 0,8947:1$.

Die von H. Filippo aus heißer wässeriger Lösung erhaltenen Krystalle sind farblose kurze Prismen der Combination $m\{110\}$, $c\{001\}$.

	Beobachtet:
$m:m = (110):(1\bar{1}0) =$	$*83^0 38\frac{1}{2}'$.

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen ist $c\{001\}$.

Orthochlorbenzophenon $= C_6H_5.CO.C_6H_4Cl$ (l. c. 139).

Schmelzp. $45,5^0$. Dargestellt von P. J. Montagne und S. A. Koopal.

Monoklin. $a:b:c = 0,4985:1:0,4706$; $\beta = 96^0 52'$.

Die aus Petroläther erhaltenen farblosen Krystalle sind lange Nadeln oder Prismen $m\{110\}$, an den Enden oft nur mit $q\{011\}$, wozu noch $\omega\{11\bar{1}\}$ treten kann. $b\{010\}$ findet sich nur schmal, während $a\{100\}$ öfters größer erscheint; seltener und klein ist $k\{021\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$m:m = (110):(1\bar{1}0) =$	—	$*52^0 40'$
$q:q = (011):(0\bar{1}1)$	—	$*50\ \ 5$
$k:b = (021):(010)$	$46^0 56\frac{1}{2}'$	$46\ \ 59\frac{1}{2}$
$q:m' = (011):(\bar{1}10)$	—	$*84\ \ 48$
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	$39\ \ 48\frac{1}{2}$	$39\ \ 46$
$\omega:m = (11\bar{1}):(110)$	$46\ \ 25\frac{1}{2}$	$46\ \ 30$
$\omega:q = (\bar{1}11):(011)$	$43\ \ 8$	$43\ \ 10$

Eine deutliche Spaltbarkeit wurde nicht beobachtet.

Die Auslöschungsrichtung auf (110) ist gegen die c-Axe unter ca. $23\frac{1}{2}^0$ geneigt.

2,4′-Dibrombenzophenon $= Br.C_6H_4.CO.C_6H_4.Br$ (l. c. 159).

Dargestellt von P. J. Montagne. Schmelzp. 62°.

Monoklin. $a:b:c = 1,0962:1:0,5951$; $\beta = 111^\circ 34\frac{1}{2}'$.

Kurzprismatische Krystalle aus Petroläther zeigten $a\{100\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$ und untergeordnet $b\{010\}$, $n\{120\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$a:m$	$= (100):(110) =$	—	*45° 33′
$b:n$	$= (010):(120)$	26° 8′	26 11
$a:c$	$= (100):(001)$	—	*68 25½
$c:\varrho$	$= (001):(\bar{1}01)$	—	*32 14½
$m:c$	$= (110):(001)$	75 5	75 1
$q:b$	$= (011):(010)$	61 2	60 38
$q:\varrho$	$= (011):(\bar{1}01)$	42 16	42 15
$\omega:m$	$= (11\bar{1}):(110)$	61 49	61 47

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.
Die Auslöschungsrichtung auf $\{110\}$ bildet etwa 58° mit der c-Axe.

4, 4′, 4″, 4‴-Tetrachlorbenzopinakolin $(C_6H_4Cl)_3C.CO.C_6H_4Cl$ (l. c. 161).

Dargestellt von P. J. Montagne.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,2853:1:1,0665; \quad \beta = 116^\circ 13'.$$

Die aus einem Gemisch von Äthylacetat und Petroläther erhaltenen Krystalle sind in der Richtung der Axe b verlängert und zeigen $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, ferner $m\{110\}$ und $b\{010\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$\varrho:a$	$= (10\bar{1}):(100) =$	—	*66° 37′
$\varrho:c$	$= (\bar{1}01):(001)$	—	*49 36
$m:a$	$= (110):(100)$	—	*49 4
$m:c$	$= (110):(001)$	73° 10′	73 14

Ätzfiguren auf $\{100\}$ und $\{001\}$, mit Cassiaöl erhalten, erscheinen symmetrisch-trapezförmig.

Doppelbrechung schwach, wahrscheinlich negativ. Ebene der optischen Axen ist $b\{010\}$; die erste Mittellinie ist nahezu senkrecht zu $\{100\}$.

Scheinbarer Axenwinkel in Cassiaöl ca. 68°. Dispersion der Axen sehr stark; $\varrho > v$. Dispersion der Mittellinien schwach.

Ref.: B. Goßner.

XIV. Dahllit (Podolit) von Tonopah, Nevada; Voelckerit, ein neues basisches Calciumphosphat; Bemerkungen über die chemische Zusammensetzung von Apatit und Phosphorit.

Von

Austin F. Rogers; Stanford-Universität, Californien.

(Übersetzt von W. Brendler.)

(Mit 1 Textfigur.)

Durch die Erkennung eines Carbonatophosphats des Calciums auf einer Mineralstufe von Tonopah in Nevada, welche mir durch Herrn Bergingenieur S. C. Herold freundlichst übersandt worden war, wurde meine Aufmerksamkeit auf eine chemische Untersuchung des Apatits und verwandter Mineralien hingelenkt. Jene Stufe, welche von der Mizpah-Grube der Tonopah Mining Company stammt, besteht aus Jodyrit, Hyalit, Quarz, Mangandioxyd und einem weißen drusigen Überzug von winzigen, hexagonalen Kryställchen. Da diese hexagonalen Kryställchen beim Behandeln mit Säure aufzubrausen schienen, wurden sie vorläufig zum Calcit gerechnet. Die optische Untersuchung bestätigte jedoch diese Bestimmung nicht, denn die Mineralteilchen zeigten statt starker nur schwache Doppelbrechung. Die schwache Doppelbrechung deutete auf Apatit hin. Da eine deutliche Phosphorsäurereaction erhalten wurde, so wurde das Mineral natürlich als Apatit bezeichnet und das Aufbrausen mit Säure einem Beobachtungsfehler zugeschrieben.

Gelegentlich der Lektüre einer Abhandlung über die wahrscheinliche Identität von Dahllit und Podolit[1]) fiel mir ein, daß das Mineral von Tonopah vielleicht eines dieser Carbonatophosphate sein könne, und wurde deshalb die Löslichkeitsprobe nochmals sorgfältig wiederholt.

---

1) W. T. Schaller, Amer. Journ. of Sci. 1910, **30**, 309; diese Zeitschr. 1910, **48**, 559.

Beim Behandeln mit warmer Salpetersäure war deutliches Aufbrausen wahrnehmbar. Die Betrachtung des Vorganges unter dem Mikroskop ergab, daß die Gasbläschen sich an den hexagonalen Krystallen und unregelmäßig geformten Bruchstücken mit schwacher Doppelbrechung entwickelten, sodaß die Gasentwickelung nicht etwa auf beigemengten Calcit zurückzuführen war. Überdies trat das Aufbrausen praktisch nicht eher ein, als bis die Säure erhitzt worden war. Es wurde eine deutliche Calcium- und Phosphorsäurereaction und eine schwache Chlorreaction erhalten. Auch eine schwache Fluorreaction wurde erzielt durch Erhitzen des gepulverten Minerals mit Quarzpulver und concentrierter Schwefelsäure und Condensation der Dämpfe an feuchtem schwarzem Papier[1]).

Um die Identität des Minerals weiter festzustellen, wurden von Herrn stud. chem. G. E. Postma chemische Analysen ausgeführt.

Leider stand nur eine sehr beschränkte Menge an Material dafür zur Verfügung. Kohlensäure und Phosphorsäure wurden in einer größeren, sehr unreinen Probe bestimmt und es ergab sich als Mittelwert aus zwei Bestimmungen[2]):

CO_3	1,56
PO_4	29,54

In einer Probe von bedeutend reinerem Material, deren Gesamtmenge nur 74 mg betrug, wurde Calcium, Fluor, Phosphorsäure und Unlösliches (in der Hauptsache Quarz) mit folgendem Ergebnis bestimmt:

Ca	32,56
PO_4	47,03
F	0,29
Unlösliches	12,72

Der Kohlensäuregehalt der Probe läßt sich aus vorstehender Analyse berechnen.

Der Sauerstoffüberschuß kann durch Subtraction der Mengen der in vorstehender Form aufgeführten Bestandteile von den in der gewöhnlichen Form der Oxyde gegebenen Beträgen erhalten werden. Dieser Sauerstoffüberschuß beläuft sich auf 1,07%—0,12 O-Äqu. = 0,95%.

Wir haben dann also folgende Verhältnisse:

		Molekularverhältnis:		
Ca	32,56	0,814		10,00
PO_4	47,03	0,495		6,08
F_2	0,29	0,007	} 0,108	} 1,32
(CO_3	2,48)	0,041		
(O	0,95)	0,060		

1) Browning, Amer. Journ. of Sci. 1911, **32**, 249.

2) Gemäß den modernen Anschauungen der Chemie sind die Analysenresultate in Form der Metalle und Säureradicale aufgeführt.

Der Gehalt an Fluor ist wie gewöhnlich jedenfalls gering. Das Verhältnis von Ca zu PO_4 und (CO_3, F_2, O) ist nahezu gleich $10:6:1$, wobei geringe Fehler jedenfalls einen hohen Sauerstoffgehalt ergeben. Das Mineral von Tonopah läßt sich als eine isomorphe Mischung von $3Ca(PO_4)_2.CaCO_3$, $3Ca_3(PO_4)_2.CaO$ und $3Ca_3(PO_4)_2.CaF_2$ auffassen. Man muß im Hinblick auf die geringen Mengen dieser Bestandteile annehmen, daß der Sauerstoff Fluor und das Carbonatradical ersetzt.

Da das Carbonatophosphatmolekül wenigstens die Hälfte ausmacht, so würde das Mineral als Dahllit (oder Podolit) zu bezeichnen sein.

Die optischen Eigenschaften des Minerals sind ebenfalls interessant. Die Krystalle haben die Form hexagonaler Tafeln (s. beistehende Figur). Das Innere der Krystalle ist fast undurchsichtig weiß, während die äußeren Partien durchscheinend sind. Der mittlere Teil der Krystalle einschließlich einer schmalen Zone des durchscheinenden Teiles erscheint zwischen gekreuzten Nicols dunkel, während der übrige Teil der durchscheinenden Außenzone Doppelbrechung und eine Teilung in sechs Sectoren zeigt. Die paarweise einander gegenüberliegenden dieser Sectoren löschen, wie die Figur zeigt, mit einem Winkel von 7^0 oder 8^0 gegen die Kante aus und geben im convergenten Licht negative zweiaxige Interferenzfiguren.

Das hexagonale Prisma ist entweder $\{61\bar{7}0\}$ (oder $\{16\bar{7}0\}$) mit der Axenebene parallel $\{10\bar{1}0\}$, oder es ist $\{10\bar{1}0\}$ mit einer $\{61\bar{7}0\}$ (oder $\{16\bar{7}0\}$) parallelen Axenebene, denn der theoretische Winkel $(10\bar{1}0:61\bar{7}0)$ beträgt $7^0 35'$. Wenn das Prisma, wie es wahrscheinlich erscheint, die Form $\{61\bar{7}0\}$ ist, so zeigen die Krystalle die Symmetrie der hexagonal-pyramidalen oder Apatitklasse.

Bei dem von Tschirwinsky[1]) beschriebenen Podolit dehnen sich die zweiaxigen Sectoren bis zum Centrum des Krystalles aus. Es fragt sich nun, ob das ganze Mineral von Tonopah Dahllit (Podolit) ist, oder nur die äußere Schicht desselben. Diese Frage läßt sich nicht endgültig entscheiden, da das Mineral etwas Fluor und auch einen Sauerstoffüberschuß enthält; es ist jedoch wahrscheinlich, daß das Äußere der Krystalle dem Dahllit (Podolit) näherkommt, als der innere Teil derselben.

Die von Tschirwinsky[2]) für den Podolit aufgestellte Formel ist $3Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3$. Schaller[3]) führt gute Beweisgründe dafür an, daß man Podolit und Dahllit als identisch ansehen muß. Dem von

1) Diese Zeitschr. **47**, 389. 2) l. c.
3) l. c.

Brögger und Bäckström[1]) eingeführten Namen Dahllit gebührt das Vorrecht.

Der Isomorphismus, oder wenigstens der Ersatz von Fluor durch das Carbonatradical, wurde durch einige der Literatur entnommene Analysen von Apatit[2]) bestätigt.

Apatit-Analysen:

	Ca	PO_4	F	CO_3	Cl
Portland, Canada	38,62	54,03	3,38	1,17	0,09
Londongrove, Pennsylvanien	38,53	55,40	1,95	1,93	0,94
Templeton, Canada	37,77	55,52	1,17	3,14	0,42

Die Werte der zweiten Analyse, die von Carnot[3]) ausgeführt wurde, stimmen fast genau auf die Formel $3Ca_3(PO_4)_2 . Ca(F_2, Cl_2, CO_3)$.

Ich habe ferner Apatit von vierzehn verschiedenen Fundorten untersucht und dabei gefunden, daß diese Vorkommen, mit möglicherweise einer Ausnahme, beim Behandeln mit heißer Salpetersäure aufbrausen. Es gehören zu denselben Apatite von Canada, Arkansas und Norwegen und zwar Fluor-Apatite wie Chlor-Apatite. Es mag zunächst fremdartig anmuten, daß Fluor und das Carbonatradical sich gegenseitig vertreten sollen und daß die Verbindungen $3Ca_3(PO_4)_2 . CaF_2$ und $3Ca_3(PO_4)_2 . CaCO_3$ isomorph sein sollten. Der Isomorphismus dieser Verbindungen kann durch die Massenwirkung von $3Ca_3(PO_4)_2 . Ca$ (Molekulargewicht 971) in diesen Verbindungen erklärt werden; das Fluor und das Carbonatradical haben verhältnismäßig wenig Einfluß. Wir verdanken diese Erklärung des Isomorphismus Penfield, welcher die chemische Constitution des Turmalins durch die Massenwirkung von $Al_3(B.OH)_2Si_4O_{19}$ in dem Molekül $H_9Al_3(B.OH)_2Si_4O_{19}$ deutete, wobei es nur einen geringen Unterschied ausmacht, ob der Wasserstoff durch Aluminium, Magnesium, Eisen oder die Alkalien ersetzt wird. Den Isomorphismus von $PbFe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$ [Plumbojarosit] und $K_2Fe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$ [Jarosit] erklärte Penfield auf dieselbe Weise. Eine ähnliche Erklärung wird zweifellos auch für andere Mineralgruppen beibehalten werden.

Eine kritische Durchsicht der Apatitanalysen wird uns von der Existenz eines basischen Calciumphosphats überzeugen, denn viele der Analysen zeigen ein Deficit sowohl von Fluor und Chlor, wie auch an dem Carbonatradical. In der nachfolgenden Tabelle (S. 213) habe ich eine Anzahl von Apatitanalysen zusammengestellt, welche dieses Deficit zeigen. Der Wert für den Sauerstoff wurde durch Subtraction der Summe der Bestandteile

1) Öfv. Akad. Stockholm 1888, **45**, 493; Ausz. diese Zeitschr. **17**, 426.

2) Diese und die weiterhin folgenden Analysen wurden auf den Procentgehalt an Metallen bezw. Säureradicalen neu berechnet.

3) Bull. Franç. Soc. Min. 1896, **19**, 135; diese Zeitschr. **29**, 420.

in der vorliegenden Form von ihrer Summe, als Oxyde geschrieben, erhalten. Die fast genau auf 100 Procent stimmenden Summen zeigen, daß dies berechtigt ist. Es wurde vermutet, daß das Carbonatradical bei diesen Apatiten möglicherweise übersehen worden war. Demgemäß analysierte Herr Postma eine Probe von Apatit aus dem Zillertal, die von Dr. F. Krantz, Bonn, bezogen worden war.

Dieser Apatit kommt in großen weißen tafeligen Krystallen vor; die Analyse des Herrn Postma, welche sich in nachstehender Zusammenstellung an letzter Stelle findet, zeigt nur einen geringen Gehalt an dem Carbonatradical.

	Ca	PO_4	F	Cl	H_2O	Andere Bestandteile:	Sauerstoffdeficit:	Summe:
Greiner (Bg.) und Golling [1])	38,06	57,31	0,23	0,12	0,35	3,18	0,72	99,97
Kragerö (Norwegen) [2])	38,96	55,24	—	0,81	0,44	3,96	1,48	100,89
» » [2])	38,73	55,53	—	1,52	0,22	3,10	1,30	99,90
Ceylon [3])	38,27	53,12	1,03	1,82	0,46	3,80	1,39	99,89
Ziller-Tal [4])	40,44	57,50	0,62	—	0,15	—	1,37	100,08
» » [5])	39,83	57,07	1,20	—	0,30	CO_3 0,23	0,92	99,55

Die Existenz der Verbindung $3Ca_3(PO_4)_2 . CaO$ ist durch die Analysen[6]) von Voelcker, Hoskyns-Abrahall, Carnot und Postma erwiesen. Ich schlage für ein Mineral mit dieser Zusammensetzung bezw. einer solchen, bei der dieses Molekül vorherrscht, den Namen »Voelckerit« vor, da Voelcker der erste Forscher war, welcher zeigte, daß der Apatit bisweilen ein Deficit an Fluor und Chlor aufweist. Hoskyns-Abrahall schrieb die Formel für Apatit: $Ca_{10}(PO_4)_6(O, F_2, Cl_2)$. Groth[7]) setzt für Sauerstoff Hydroxyl, hauptsächlich aus a priori sich ergebenden Gründen. In den vorstehenden Analysen ist der Procentgehalt an Wasser zu niedrig, als daß er das Deficit als Hydroxyl ausgleichen könnte, denn derselbe beträgt im Durchschnitt 0,32 Procent gegenüber 1,19 Procent für Sauerstoff. Der Isomorphismus des Voelckerits mit Fluor-Apatit und Chlor-Apatit läßt sich auch als Massenwirkungs-Isomorphismus erklären, indem ein Atom Sauerstoff durch zwei Atome Fluor ersetzt wird.

---

1) Carnot, Bull. Franç. Soc. Min. 1896, **19**, 135. Ausz. diese Zeitschr. **29**, 420.

2) Voelcker, Ber. d. D. Chem. Ges. 1883, **16**, 2460. Ausz. diese Zeitsch. **11**, 107.

3) Jannasch und Locke, Zeitschr. f. anorgan. Chem. 1894, **7**, 154.

4) Hoskyns-Abrahall, diese Zeitschr. **21**, 389.

5) G. E. Postma.

6) Bei den norwegischen Apatiten, welche wohl Chlor, aber kein Fluor enthalten, ist an dieser Tatsache nicht zu zweifeln, denn die Chlorbestimmung ist bekanntlich sehr genau durchführbar.

7) Tabellar. Übersicht der Mineralien, 4. Aufl., 87.

Wir haben dann die vier isomorphen Verbindungen:

Fluor-Apatit	$3\,Ca_3(PO_4)_2 . CaF_2$,
Chlor-Apatit	$3\,Ca_3(PO_4)_2 . CaCl_2$,
Dahllit	$3\,Ca_3(PO_4)_2 . CaCO_3$,
Voelckerit	$3\,Ca_3(PO_4)_2 . CaO$.

Die Namen Fluor-Apatit und Chlor-Apatit sind in der Literatur allgemein eingeführt. Die Bezeichnung »Carb-Apatit«[1]) wurde für das Carbonatophosphat vorgeschlagen, zugunsten von »Podolit« aber wieder zurückgezogen. »Dahllit« besitzt jedoch die Priorität gegenüber »Carb-Apatit« wie »Podolit«. »Voelckerit« ist ein besser geeigneter Name als der auf Analogie beruhende »Oxy-Apatit«, und dient gleichzeitig zur Würdigung der Arbeit Voelcker's über die chemische Zusammensetzung des Apatits. Im Hinblick auf die Schwierigkeiten bei der Unterscheidung dieser Mineralien ohne chemische Analyse möge die Bezeichnung »Apatit« als Name für die ganze Gruppe benutzt werden, deren allgemeine Formel $3\,Ca_3(PO_4)_2 . Ca(F_2, Cl_2, CO_3, O)$ ist.

Außer der Verbindung $3\,Ca_3(PO_4)_2 . CaCO_3$ ist noch eine Anzahl anderer Calciumcarbonatophosphate beschrieben worden. Es sind dies die folgenden:

Dahllit	$2\,Ca_3(PO_4)_2 . CaCO_3 . \frac{1}{2}H_2O$,
Francolit	$Ca_8(CaF)_2(PO_4)_6 . CaCO_3 . H_2O$,
Staffelit	= eine faserige Varietät des Francolits,
Kollophan	$x\,3\,Ca_3(PO_4)_2 . y\,CaCO_3 . z\,H_2O$.

Der Dahllit ist, wie Schaller gezeigt hat, jedenfalls mit dem Podolit identisch. Die für den Francolit angegebene Formel erscheint anomal, wenn versucht wird, sie in die oben gegebene Aufstellung einzureihen.

Es sind in der Literatur nur zwei Francolitanalysen aufgeführt und diese stimmen nicht überein. Die eine zeigt 9,04 Procent CaF_2, 2,84 Procent $CaCO_3$ und kein Wasser, während die andere 7,68 Procent CaF_2, 5,10 Procent $CaCO_3$ und 1,59 Procent Wasser ergeben hat. Der Francolit ist ebenso wie der Dahllit (Podolit) pseudohexagonal. Die Axenebene geht der hexagonalen Umrißlinie parallel; dies ist aber wahrscheinlich kein wesentlicher Unterschied. Lacroix hält den Staffelit für eine faserige Abart des Francolits. Es sind weitere Analysen erforderlich, ehe dem Francolit (oder Staffelit) ein bestimmter Platz als Mineralspecies angewiesen werden kann.

Der Kollophan wurde von Sandberger[2]) zuerst beschrieben, der ihm, — nach Abzug von 3,96 Procent $CaCO_3$, die er als Verunreinigung ansah —

---

1) Tschirwinsky, l. c.

2) Jahrb. f. Mineralog. 1870, 308.

die Formel $Ca_3(PO_4)_2.H_2O$ gab. Die Analyse von Köttnitz führte zu der Formel $3\,Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3.3H_2O$, während Lacroix[1]) die Zusammensetzung zu $x\,Ca_3(PO_4)_2.y\,CaCO_3.z\,H_2O$ angibt. Außer der Originalkollophananalyse ist nur noch eine Analyse, diejenige Shepard's[2]), bekannt, welche nach Abzug von 4,64 Procent Gyps zu der Formel $3Ca_3(PO_4)_2.H_2O$ führt.

Die Zusammensetzung des Kollophans ist also noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Es liegt die Möglichkeit vor, daß der Kollophan ein amorphes Mineral mit der Formel $3Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3.x\,H_2O$ ist, und auf diese Weise zum Dahllit (Podolit) in derselben Beziehung steht, wie der Opal ($SiO_2.x\,H_2O$) zum Quarz (SiO_2).

Meiner Ansicht nach hat von den verschiedenen Carbonatophosphaten nur ein einziges, nämlich der Dahllit (Podolit), mit der Formel $3\,Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3$, Anspruch darauf als besondere Mineralspecies anerkannt zu werden.

Es sind unlängst einige Vorschläge bezüglich der chemischen Zusammensetzung der Phosphorite, der Phosphoritknollen und verwandter Mineralien gemacht worden. Stutzer[3]) ist der Ansicht, daß der Phosphorit in der Hauptsache aus amorphem Calciumphosphat besteht. Lacroix[4]) glaubt, daß derselbe eine Mischung von Kollophan mit geringeren Mengen von Francolit und Dahllit ($2Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3.\frac{1}{2}H_2O$) darstellt.

Nach Cameron und Bell[5]) sind diese Substanzen feste Lösungen von CaO und P_2O_5.

Wegen der Ungenauigkeit der Fluorbestimmung und der Anwesenheit von Wasser, Eisen, Aluminium und Calciumcarbonat sind die Analysen der Phosphorite schwierig zu deuten. Es ist in der Regel unmöglich zu entscheiden, ob die eben angeführten Substanzen wesentliche Bestandteile oder nur Verunreinigungen sind. Eine genügende Erklärung muß geeignet sein, die fast unveränderliche Anwesenheit des Carbonat-Radicals, die Gegenwart des meist vorhandenen Fluors und das nahezu constante Verhältnis von $10Ca$ zu $6PO_4$, wie auch die Schwankungen in den Beträgen der einzelnen Componenten ausreichend zu erklären.

Die von Herrn Postma ausgeführte Analyse eines dunkelbraunen eiförmigen Phosphoritknollen mit Radialstructur, den Herr R. M. Wilke in Wolhynien, Rußland, gesammelt hatte, ergab die folgenden Werte:

Ca	34,92	Fe_2O_3	1,93
PO_4	46,82	Al_2O_3	3,93
CO_3	6,46	Unlösliches	3,22
F	—	Organ. Substanz	1,87
Cl	Spur	Summe:	99,15

1) Minéralogie de la France 1911, **4**, 56.

2) Amer. Journ. of Sci. 1882, **23**, 402. Ausz. diese Zeitschr. **7**, 426.

3) Die Lagerstätten der Nichterze 1911, **1**, 267.

4) l. c.

5) Bull. **41**, Bureau of Soils, U. S. Dep. of Agriculture.

Es ist dies eine typische Analyse; sie zeigt jedoch einen Überschuß von $CaCO_3$ gegenüber dem für $3Ca_3(PO_4)_2 . CaCO_3$ geforderten Betrage.

Die nachfolgenden Analysen sind solche von reineren Phosphoriten usw.

	Ca	PO_4	CO_3	F	H_2O	Andere Bestand-teile:	O	Summe:
Naura	37,72	53,04	2,00	—	3,02	2,89	1,32	99,99
Hanau	35,27	49,17	2,46	—	2,28	9,13	1,20	99,51
Malden Island	34,63	48,43	3,23	—	5,48	7,16	1,07	100,00
Crawford Mountains, Utah	36,41	48,59	2,34	0,40	1,05	8,55	1,55	98,89
Pouzillac	35,52	50,04	5,13	0,88	7,05	0,80	—	99,42
Mouillac	37,02	50,27	5,45	1,50	4,80	—	0,08	99,12
Amberg	37,28	52,93	3,78	1,90	—	3,61	—	100,00
Florida	35,62	51,93	2,25	2,46	3,03	5,01	—	100,30
Beauval	36,98	51,82	2,26	3,40	4,75		—	99,21

Einige wenige zeigen einen Überschuß von $CaCO_3$ über die für das Dahllit-(Podolit-)Molekül erforderliche Menge.

Der in der vorletzten Columne angegebene Sauerstoffüberschuß ist notwendig, um eine gute Summe zu geben. Da die derben Phosphorite und Phosphoritknollen keine bestimmte chemische Zusammensetzung zeigen, haben sie möglicherweise keinen Anspruch darauf als besondere Mineralien anerkannt zu werden, sie scheinen aber — soweit sich feststellen läßt — Mischungen von Fluor-Apatit, Voelckerit und Dahllit (Podolit) zu sein, was durch die Formel $3Ca_3(PO_4)_2 . Ca(F_2, O, CO_3)$ zum Ausdruck kommt.

Chlor ist in diesen Substanzen praktisch nicht vorhanden. Der Wassergehalt ist wahrscheinlich nichts Wesentliches; es ist aber auch die Annahme der Formeln $3Ca_3(PO_4)_2 . CaCO_3 . xH_2O$ oder $3Ca_3(PO_4)_2Ca(F_2, O, CO_3) . xH_2O$ möglich, welche den wechselnden Wassergehalt erklärlich machen.

Zur Bequemlichkeit des Lesers habe ich in der folgenden Tabelle die theoretischen Procentzahlen der besprochenen Mineralien in der Form von Metall und Säureradical angeführt.

	Ca	PO_4	F	Cl	CO_3	O	H_2O
Fluor-Apatit	39,62	56,55	3,83	—	—	—	—
Chlor-Apatit	38,39	54,81	—	6,80	—	—	—
Dahllit (Podolit)	38,86	55,35	—	—	5,79	—	—
Voelckerit	40,63	57,75	—	—	—	1,62	—
Original-Dahllit	38,34	52,18	—	—	8,18	—	1,30
Francolit	39,07	50,62	3,40	—	5,32	—	1,59
$3Ca_3(PO_4)_3 . Ca(OH)_2$	39,90	56,71	—	—	—	1,59	1,80

Ich habe die Löslichkeit einiger Pyromorphitvorkommen geprüft und gefunden, daß einige derselben beim Behandeln mit heißer Salpetersäure ein deutliches Aufbrausen erkennen ließen.

Ein von Dr. J. C. Branner gesammelter Pyromorphit vom Buffalo Claim am unteren Sugar-Loaf-Creek in Marion County, Arkansas, wurde von Herrn Postma[1]) untersucht und gab folgende Werte:

		Molekularverhältnis:	
Pb	66,73	0,322	10,1
Ca	4,02	0,100	
PO_4	23,82	0,250	6,0
CO_3	1,93	0,032	1,6
Cl	2,55	0,035	
Unlösliches	0,42		

Dieser Pyromorphit, welcher zu der »Polysphärit« genannten Varietät gehört, kommt als grauer oder grünlichgrauer Überzug auf Bleiglanz vor und ist offenbar ein Umwandlungsproduct des letzteren. Er braust beim Behandeln mit kalter Salpetersäure schwach auf. Abgesehen von einem geringen Überschuß an Kohlensäure stimmen die Analysenwerte sehr gut auf $10(Pb, Ca) : 6\,PO_4 : 1\,(Cl_2, CO_3)$.

Diese Analyse wird als Beweis dafür erachtet, daß das Carbonatradical im Pyromorphit das Chlor vertreten kann, wenn nicht zur Bildung des Pyromorphitmoleküls genügend Chlor vorhanden ist. In Anbetracht der Genauigkeit der Methoden der Chlorbestimmung dürfte diese Erklärung zweifellos zutreffend sein. Einige der in Dana's System of Mineralogy aufgeführten Pyromorphitanalysen zeigen ein Deficit an Chlor, was sich durch die Gegenwart von Sauerstoff oder die des Carbonatradicals erklären läßt.

Zum Schluß möchte ich darauf hinweisen, daß vorstehende Arbeit keinen Anspruch darauf machen will, die endgültige Lösung des schwierigen Problems der chemischen Zusammensetzung von Apatit, Phosphorit usw. herbeigeführt zu haben. Zur Lösung dieser Aufgabe werden noch viele genaue Analysen erforderlich sein.

---

1) Eine nahe übereinstimmende Analyse ist im 5. Bande (S. 87) der Arkansas Geological Survey Reports aufgeführt.

XV. Über die Temperatur der optischen Einaxigkeit von Gyps.

Von

A. Hutchinson in Cambridge
und **A. E. H. Tutton** in Yelverton, S.-Devon, England.

(Mit 2 Textfiguren.)

In einer Mitteilung im Jahre 1909 [1]) über die optischen Constanten von Gyps bei verschiedenen Temperaturen hat der eine von uns (A. E. H. Tutton) angegeben, als das Resultat directer Messungen des optischen Axenwinkels bei *Na*-Licht, mit Hilfe einer Platte, welche senkrecht zur ersten Mittellinie geschnitten war und in einem Luftbade erhitzt wurde, daß Gyps bei 105,2° C. sich einaxig erwies. Drei andere, später untersuchte Schnittplatten gaben etwas höhere Temperaturen, welche von 109,5° bis zu 114,2° C. variierten. Diese Zahlen waren corrigierte Temperaturen, indem man eine beträchtliche Correction, —7°, für die Wärmeleitung des Krystallhalters in Rechnung gestellt hatte.

Beleuchtung der Platte mit Licht von verschiedenen Farben, mit Hilfe des in dieser Zeitschr. **24**, 455 beschriebenen Apparates erhalten, stellte die interessante Tatsache fest, daß die Temperatur für die optische Einaxigkeit für verschiedene Spectralteile variierte, und zwar ein Maximum beim Lichte der Wellenlänge 0,000573 mm erreichte.

Dieses geht klar aus der folgenden Tabelle hervor, bei welcher die Temperaturen in der Colonne *A* sich auf eine von Hilger geschnittene Platte beziehen, während diejenigen in den Colonnen *B*, *C* und *D* sich auf Platten beziehen, welche von Steeg und Reuter geschnitten worden waren.

1) A. E. H. Tutton, diese Zeitschr. 1909, **46**, 135.

Wellenlänge:	*A*	*B*	*C*	*D*
671 (*Li*)	104,5°	108,0°	113,0°	110,0°
656 ($H_\alpha = C$)	104,7	108,5	113,2	110,3
589 ($Na = D$)	105,2	109,5	114,2	111,3
573	105,5	110,0	114,5	111,5
535 (*Tl*)	105,1	109,0	114,0	111,0
486 ($H_\beta = F$)	104,5	108,0	113,0	110,0
434 (H_γ)	102,5	106,0	111,0	108,0

Es wurde ferner beobachtet, daß die Platten einaxig wurden bei denselben Temperaturen für Licht der Wellenlängen 671 und 486, sowie auch approximativ für die Wellenlängen 589 und 535.

Diese Resultate standen aber, was die absoluten Temperaturen betrifft, nicht in Einklang mit denjenigen, welche durch Beobachtungen der gebrochenen Signalbilder des Prismas erhalten worden sind, welches von Hilger für den Zweck der Bestimmungen der Brechungsexponenten α und β aus demselben Krystalle wie die Platte geschnitten worden sind. Als man dieses Prisma erhitzte, sah man, daß die beiden, α und β entsprechenden Signalbilder sich einander näherten; bei 80° C. waren sie nur um 3′ getrennt, und bei 90° schienen sie identisch orientiert übereinander zu liegen. Zwischen 90° und 100° war man nicht imstande, irgend eine Trennung wahrzunehmen, aber bei 105° war eines der Bilder deutlich am anderen vorbeigegangen, und zwar waren nun die beiden Bilder wieder um 2′, aber im entgegengesetzten Sinne, getrennt. Diese Beobachtungen deuteten an, daß die Temperatur, bei welcher der Gyps einaxig wird, zwischen 90° und 100° liegt, und jedenfalls niedriger als 105° ist.

Im Juli 1911 ist von R. Brauns[1]) gezeigt worden, daß man leicht feststellen kann, daß Gyps unterhalb 100° C. einaxig wird, indem man eine Schnittplatte senkrecht der ersten Mittellinie in einem Wasserbade erhitzt, und sie rasch auf den Tisch des Polarisationsmikroskops bringt. Darnach erschien es sehr wünschenswert, die genaue Temperatur der optischen Einaxigkeit des Gypses sorgfältig zu bestimmen, mit Hilfe einer Methode von höchster Zuverlässigkeit. Die betreffende Untersuchung wurde von einem von uns (A. Hutchinson) ausgeführt, und die Temperatur 95° C. als approximative obere Grenze in einer vorläufigen Mitteilung an die mineralogische Gesellschaft in London im November 1911 angegeben[2]). Später sind einige Verbesserungen des Apparates gemacht worden, und als das endliche Resultat von neueren von uns beiden ausgeführten Versuchen

1) R. Brauns, »Die Änderung des optischen Axenwinkels in Gyps bei höherer Temperatur«. Centralbl. f. Min. 1911, 601.

2) Mineralogical Magazine 1912, **16**, XXX.

haben wir festgestellt, daß Gyps bei 90,9° C. für Natriumlicht optisch einaxig wird.

Versuchsmethode.

Da die Fehler bei den Versuchen von 1909 aller Wahrscheinlichkeit nach durch den Gebrauch eines Luftbades verursacht waren, welches gar keine Sicherheit dafür bot, daß die Temperatur der Krystallplatte in der Tat diejenige war, welche an den Thermometern abgelesen wurde, entschlossen wir uns dazu, diese Fehlerquelle ganz zu eliminieren, indem wir die Schnittplatte in eine Flüssigkeit eintauchten.

Es wurde eine kleine kreisrunde Zelle aus Messung construiert, welche mit planparallelen Glasplatten oben und unten begrenzt und mit zwei Messingröhrchen versehen war, eines an jeder Seite, um den Ein- und Austritt eines Stromes von mit Calciumsulfat gesättigtem Wasser zu erlauben.

Diese gesättigte Lösung von Calciumsulfat wurde in größerer Menge in einem Kupferkessel mit continuierlicher Rührung auf die gewünschte Temperatur unterhalb 100° C. erhitzt und durch die Zelle während des Versuches durchlaufen gelassen. Die Temperatur dieses Flüssigkeitsstromes wurde direct vor dem Eintritt in die Zelle und unmittelbar nach seinem Austritt gemessen mit Hilfe von zwei Thermometern, welche in $\frac{1}{5}$° C. geteilt waren, und deren Teilung mit den Standard Thermometern des National Physical Laboratory sorgfältig verglichen und ihre Correctionen für je 5° genau bestimmt worden waren. Diese beiden Thermometer befanden sich innerhalb der Glasröhren, durch welche die heiße Calciumsulfatlösung zu und von der Zelle geleitet wurde, sie waren also vollkommen in die Flüssigkeit eingetaucht. Der 100°-Punkt jedes Thermometers wurde vor und nach den Versuchen wieder controlliert, und die notwendige kleine Correction mit Hilfe der von dem National Physical Laboratory angegebenen Tabelle angebracht.

Fig. 1.

Die Construction der Zelle ist in Fig. 1 und 2 dargestellt. Fig. 1 ist ein Grundriß, und Fig. 2 ein verticaler Durchschnitt durch die Linie AA, in beiden Fällen in $\frac{3}{4}$ der wirklichen Größe. Die beiden Glasplatten C werden in ihren Stellungen durch die Schraubenringe F gehalten. Packungsringe

aus Karton zwischen den inneren Oberflächen der Platten und dem Hauptmessingring der Zelle sichern die Wasserdichtigkeit der Zelle, und dünne Messingringe *C* schützen die Glasplatten gegen die direkte Wirkung des Schraubenringes. Der Ein- und Austritt der heißen Flüssigkeit erfolgt durch die Messingröhrchen *T*, an welche horizontale Glasrohre von ca. ein

Fig. 2.

Centimeter innerem Durchmesser angesetzt sind. Die letzteren enthalten die Thermometer, welche mit ihrem Gefäß so nahe als möglich der Zelle angebracht sind. Die Gypsplatte *S* wird in ihrer Stellung mit Hilfe einer kleinen Feder (nicht gezeichnet) behalten.

Die Zelle wurde auf dem Tische des Polarisationsmikroskops justiert, und von der Tischplatte selbst durch Karton und Baumwolle isoliert und gegen Ausstrahlung geschützt. Die die Thermometer enthaltenden Rohre wurden ebenfalls im größeren Teile ihrer Länge geschützt.

Als man die heiße Calciumsulfatlösung durch die Zelle durchlaufen ließ, beobachtete man, daß die Temperatur der Einaxigkeit, wie sie an den in den Strom eingetauchten Thermometern abgelesen wurde, leicht für eine hinreichende Zeit constant erhalten werden konnte, um die Veränderungen der optischen Axen bei Veränderung der Wellenlänge des Lichtes zu studieren. Gelegentlich waren die von den beiden Thermometern angegebenen Temperaturen genau dieselben, aber gewöhnlich gab das zuerst von dem Strome erreichte Thermometer eine etwas höhere Ablesung. In der Regel war die Differenz nicht mehr als ein halber Grad, und der Mittelwert wurde immer als die wirkliche Temperatur der Gypsplatte in der Zelle angenommen.

Diese Versuchsmethode hat einige Nachteile, z. B. das eventuelle Anätzen der Gypsplatte, obgleich dieses viel langsamer als bei dem Gebrauch reinen Wassers erfolgt. Jedoch besitzt sie den wichtigen Vorteil, daß die Temperatur der Gypsplatte weder höher als die von dem ersten Thermometer angedeutete Temperatur sein kann, noch niedriger als diejenige, welche von dem zweiten Thermometer angegeben wird. Ferner ist, da die beiden Thermometer völlig eingetaucht sind, gar keine unsichere Correction für irgend einen nicht eingetauchten Teil des Thermometerrohres notwendig[1]). In der Tat stimmten die Resultate, welche mit verschiedenen senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittenen Gypsplatten, und an verschiedenen Tagen

1) Wenn nur das Gefäß des Thermometers und ein geringer Teil des Rohres eingetaucht wurden, so würde diese Correction wahrscheinlich zwischen $0{,}5^0$ und $1{,}0^0$ C. liegen.

erhalten werden, sehr gut überein. Den Genauigkeitsgrad wird man leicht aus den folgenden Reihen nacheinander ausgeführter Beobachtungen der Einaxigkeitstemperatur bei *Na*-Licht schätzen:

Thermometer I: 90,6° 90,8° 90,6° 90,7° 90,6° 90,5° 90,4° C.
Thermometer II: 90,0° 90,3° 90,3° 90,2° 90,1° 90,0° 90,0° C.

Der aus diesen Beobachtungen abgeleitete Mittelwert ist 90,36° C. Nach der Anwendung der Correction bei 90° C., wie sie im National Physical Laboratory bestimmt worden ist, nämlich + 0,55°, erhalten wir 90,9° C. als den wahren Wert für Natriumlicht. Vier Reihen von Controllbeobachtungen, welche an verschiedenen Tagen und mit zwei verschiedenen Gypsplatten (die oben gebrauchte und eine andere) ausgeführt worden sind, gaben die respectiven corrigierten Werte 90,8°, 90,4°, 90,9° und 91,0°, also im Mittel 90,8° C. Der Mittelwert sämtlicher Reihen ist 90,85°.

Folglich betrachten wir die Temperatur der Einaxigkeit von Gyps für Natriumlicht als 90,9° C.

Die Wirkung der Veränderung der Wellenlänge des angewandten Lichtes ist ebenfalls studiert worden, mit dem Resultat, daß die relativen Werte der 1908 gemachten Beobachtungen vollkommen bestätigt worden sind. Also ist festgestellt worden, daß, wenn die Temperatur der Einaxigkeit für Rot erreicht war, der Krystall auch optisch einaxig für Grün (bei *F*) war, während er noch deutlich zweiaxig für die mittleren Farben war. Als er aber bei einer etwas höheren Temperatur für Natriumlicht einaxig wurde, bemerkte man, daß die Axen für Rot und Blau deutlich getrennt waren und zwar in einer Ebene, welche senkrecht zu der früheren optischen Axenebene lag. Die gefundenen corrigierten Temperaturen sind die folgenden: Bei Lithiumlicht, Wellenlänge 671, wird der Krystall einaxig bei 90,2° C.; bei grünem *F*-Licht, Wellenlänge 486, bei 90,1°; während die höchste beobachtete Temperatur der Einaxigkeit, 91,0°, dem Lichte der Wellenlänge 570—575 entspricht. Die Verhältnisse dieser Werte für die verschiedenen Wellenlängen sind so nahe gleich denjenigen, welche im Jahre 1908 in einer Tabelle gegeben worden sind, daß die folgende neue Tabelle unzweifelhaft eine sehr große Annäherung an die Wahrheit repräsentiert:

Temperatur der optischen Einaxigkeit von Gyps für verschiedene Wellenlängen.

Wellenlänge:	Temperatur:
671 (*Li*)	90,2° C.
656 ($H_\alpha = C$)	90,4
589 ($Na = D$)	90,9
573	91,0
535 (*Tl*)	90,8
486 ($H_\beta = F$)	90,1

Es erschien ferner wünschenswert, auch die im Jahre 1908 nach der Prismenmethode ausgeführten Messungen der Brechungsexponenten zu wiederholen, und insbesondere die Wirkung einer langsamen Erhöhung der Temperatur des α und β liefernden Prismas wieder zu studieren. Hierbei sind erstens die angegebenen Werte von α, β und γ bei 12° absolut bestätigt worden. Zweitens wurde gefunden, daß bei langsamer Erhitzung des α und β liefernden Prismas die beiden Signalbilder sich einander allmählich näherten; im Natriumlicht konnte man ihre Trennung noch bei 89° C. bemerken, aber bei 91° waren sie vollkommen identisch geworden. Bei 93° konnte man wieder zwei getrennte Bilder des Websky'schen Spaltes erkennen. Also sind die im Jahre 1908 erhaltenen Resultate, sowie auch die jetzt beschriebenen Resultate für die Temperatur der optischen Einaxigkeit, vollkommen bestätigt.

Es wurde ferner für wünschenswert erachtet, eine Reihe von Bestimmungen der Brechungsexponenten bei einer Temperatur auszuführen, welche etwas niedriger als die höchste früher angewandte Temperatur war; in der folgenden Tabelle werden die beobachteten Werte für 98° C., sowie zur Vergleichung auch die schon mitgeteilten für 12° und 105° angegeben:

Wellenlänge	Index α			Index β			Index γ		
	12°	98°	105°	12°	98°	105°	12°	98°	105° C.
Li	1,5178	1,5162	1,5154	1,5201	1,5166	1,5158	1,5270	1,5247	1,5243
C	1,5184	1,5168	1,5160	1,5207	1,5172	1,5164	1,5276	1,5253	1,5249
Na	1,5207	1,5193	1,5184	1,5230	1,5196	1,5188	1,5299	1,5277	1,5274
573	1,5213	1,5199	1,5190	1,5237	1,5201	1,5194	1,5307	1,5284	1,5280
Tl	1,5231	1,5219	1,5209	1,5255	1,5222	1,5213	1,5325	1,5304	1,5300
F	1,5262	1,5248	1,5239	1,5285	1,5252	1,5243	1,5355	1,5332	1,5330
H_γ	1,5303	1,5294	1,5285	1,5328	1,5299	1,5289	1,5400	1,5379	1,5377

Die Brechungsexponenten α und β vertauschen ihre Schwingungsrichtungen bei ca. 91° C.; die Schwingungsrichtung für γ bleibt für alle Temperaturen diejenige der in der Symmetrieebene liegenden ersten Mittellinie. Eine Vergleichung der Werte von α und β für 98° lehrt, daß die minimale Differenz 0,0002, für Licht der Wellenlänge 573 erreicht wird, während gleiche Differenzen, 0,0003, in den Fällen des *Na*- und *Tl*-Lichtes beobachtet wird, und noch größere, aber auch gleiche Differenzen, 0,0004, findet man für *Li*- und *F*-Licht.

Schlußfolgerungen.

Die erhaltenen Resultate führen zu den folgenden Schlußfolgerungen:

1) Gyps wird für Natriumlicht bei 90,9° C. optisch einaxig. Die Einaxigkeit wird bei den etwas niedrigeren Temperaturen 90,2° für Lithiumlicht und 90,1° für *F*-Licht hervorgebracht, während eine etwas höhere Temperatur, 91,0°, das Maximum, notwendig wird, um das einaxige Bild

hervorzubringen, wenn die Schnittplatte aus Gyps (senkrecht zur ersten Mittellinie geschnitten) mit Licht der Wellenlänge 0,000573 mm beleuchtet wird.

2) Die im Jahre 1908 ausgeführten Temperaturbestimmungen, obgleich sie in absolutem Wert zu hoch sind, sind in ihren Verhältnissen zueinander richtig.

3) Die schon mitgeteilten Bestimmungen der Brechungsexponenten sind ganz genau, und sowohl diese als auch die jetzt angegebenen ergänzenden Werte stimmen vollkommen mit den obigen beiden Schlußfolgerungen überein.

Nachdem eine kurze Notiz über die vorläufigen Versuche in der Zeitschrift »Nature«[1]) erschienen war, hat Herr E. H. Kraus uns mitgeteilt, daß er sich ebenfalls mit dieser Frage beschäftigt und die Temperatur der Einaxigkeit für Natriumlicht zu 89,67° C. bestimmt habe, wobei die Gypsplatte in einem Ölbade erhitzt wurde. Als er ein Luftbad verwendete, erhielt er die etwas höhere Temperatur 91,6° C. Diese Arbeit ist jetzt erschienen[2]), und findet sich in der Beschreibung keine Erwähnung irgend einer Correction der Thermometerablesungen für die beträchtlichen, nicht eingetauchten Teile der zwei langen angewandten Thermometer. In Antwort auf eine Frage über diesen Punkt hat Herr Prof. Kraus uns gütigst mitgeteilt, daß in der Tat keine solche Correction gemacht worden sei. Der Wert 89,67° ist deswegen unstreitig etwas zu niedrig, und wir sind der Meinung, daß unser jetzt angegebener Wert 90,9° C. für die Temperatur der Einaxigkeit von Gyps bei Natriumlicht der Wahrheit außerordentlich nahe kommt. Es ist von Interesse, zu bemerken, daß Mitscherlich den Wert 73,5° R. gefunden hat, welcher 91,9° C. entspricht.

---

1) »Nature« 1911, 88, 105; in dieser Notiz wird infolge eines Druckfehlers die Temperatur zu 25° anstatt 95° angegeben.

2) E. H. Kraus und L. J. Youngs, »Über die Änderungen des optischen Axenwinkels in Gyps mit der Temperatur«. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1912, 123.

XVI. Über Kupferlasur und Weißbleierz von Tsumeb[1]).

Von

Z. v. Toborffy in Budapest.

(Hierzu Taf. IV.)

Kupferlasur.

Unlängst kamen aus den Gruben zu Tsumeb (Ambo-Land, Deutsch-Südwestafrika) sehr schöne Kupferlasurstufen, welche infolge ihrer ungewöhnlich vollkommenen und variabel gestalteten Krystalle als Zierde der Sammlungen gelten können. Auch die mineralogische Abteilung des ungarischen Nationalmuseums erwarb einige ausgewählte Exemplare, deren krystallographische Bearbeitung Herr Hofrat Prof. Josef Krenner mir anvertraute.

Eine jede der Stufen ist mit anders entwickelten Krystallen geschmückt, die fünf gut unterscheidbare Typen vertreten.

Übrigens ist die Kupferlasur sämtlicher Stücke von denselben Mineralgenossen begleitet, namentlich von Malachit, stellenweise sehr schön krystallisiertem Cerussit und weiterhin von einer mikrokrystallinischen, oder pulverigen Substanz von traubiger oder zelliger Beschaffenheit und gelbgrüner, verschieden nuancierter Farbe. Auf Grund der qualitativen Proben besteht letztere kleineren Teiles aus einem Gemenge von Cerussit und Malachit, hauptsächlich enthält sie aber an Blei und verhältnismäßig wenig Kupfer gebunden beträchtliche Mengen der Arsen- und Phosphorsäure, muß also als Mimetesit und Pyromorphit gedeutet werden, wobei aber auch Olivenit vorhanden ist.

Die Frage, in welch paragenetischer Reihe die Ausscheidung der genannten Mineralien erfolgte, konnte ich an den untersuchten Stufen ganz genau nicht entscheiden. So viel steht fest, daß der Azurit die älteste Generation darstellt, weil einerseits die Cerussite auf demselben sitzen,

1) Vergl. O. Schneider, Centralbl. f. Min. usw. 1906, S. 388. Ref. diese Zeitschr. **45**, 660. W. Maucher, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1908, S. 24. Ref. diese Zeitschr. **49**, 495.

andererseits auch die seidigen Büschel oder zusammenhängenden Krusten des Malachits die Kupferlasur bedecken, ja sogar umhüllen und nach ihm vollkommene Pseudomorphosen bilden.

Malachit und Bleicarbonat sind in ihrer porösen Mischung zweifellos gleich alt, einige farblose Cerussitkrystalle jedoch — denen der Malachit als Grundlage dient — scheinen die Priorität des Kupferminerals zu beweisen.

Die Arsenate und Phosphate müssen sich zuletzt gebildet haben — und zwar aus den Carbonaten — da sie nicht nur über sämtliche andere Minerale gelagert, sondern auch zwischen den Krystallen dort am ausgiebigsten erscheinen, wo die Flächen der Kupferlasur am stärksten corrodiert sind.

Die fünf unterscheidbaren Typen der Azuritkrystalle sind folgende: 1) der Hauptaxe nach gestreckte prismatische, 2) orthodiagonal gestreckte dünnprismatische, 3) ebenfalls orthodiagonal entwickelte, dicksäulige und flächenarme, 4) sehr flächenreiche orthodomatische und 5) nach der Basis tafelige Krystalle, die in folgendem einzeln beschrieben werden.

I. Prismatischer Typus.

Prismatisch gestaltete Individuen kommen von kaum 1 mm Größe bis 1 cm vor, weichen aber in Formen, wie auch in deren relativen Flächengrößen sehr wenig voneinander ab.

Die Tracht der Durchschnittskrystalle ist in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Gewöhnlich ragt nur der Kopf der Krystalle aus der Druse hervor, es kommen jedoch auch den großen aufgewachsene, kleine Individuen vor, an denen beide Enden entwickelt sind und die der Figur vollkommen entsprechen.

Die meisten, wenn auch manchmal zweifelhaften Flächen erscheinen in der Orthodomenzone, während die Formen der anderen Zonen mit ihren deutlichen Reflexen zu genau bestimmbaren Indices führen.

Beobachtet wurden folgende 18 Partialformen:

Endflächen: $c\{001\}$, $a\{100\}$.
Prismen: $m\{110\}$, $w\{120\}$.
Klinodomen: $l\{023\}$, $f\{011\}$, $p\{021\}$.
Orthodomen: $\sigma\{101\}$, $v\{\bar{2}01\}$, $\mathfrak{p}\{\bar{1}5.0.8\}$, $\eta\{\bar{3}02\}$, $\{\bar{5}03\}$, $\Theta\{\bar{1}01\}$, $\{\bar{1}\bar{1}.0.13\}$*).
Hemipyramiden: $s\{111\}$, $h\{221\}$, $R\{\bar{2}41\}$, $k\{\bar{2}21\}$.

Herrschende Formen der Krystalle sind m und h, aus deren Zusammenwirken eine ziemlich steile Pyramide resultiert; durch die oscillierende Combination dieser Formen mit den entsprechenden unteren Flächen entstehen sogar täuschend prismatische Gebilde.

*) Neue Form.

Die Flächen des m sind zumeist vollkommen glatt und besonders am obersten Teil der Krystalle frei von jedweder Streifung; nur gegen die Mittelkanten zu werden durch die erwähnte oscillatorische Combination Furchen und stufenartige, fast horizontale Knickungen erzeugt.

Ähnlich sind auch die Flächen von h gestaltet, weshalb diese zwei Formen als geeignete Grundlage der Berechnung dienen können.

Die Combination obiger Grundformen wird am auffallendsten durch die Flächen der Klinodomenzone modificiert. Im Maße ihrer Entwickelung und in äußerer Beschaffenheit sind dieselben fast gleichwertig; sie erscheinen nur selten ungestreift glatt, meistens stark gerieft, oder sogar gebrochen. Ihre Position kann deshalb oft nur annähernd bestimmt werden.

Die Orthodomenzone ist verhältnismäßig flächenärmer als sie es bei der Kupferlasur zu sein pflegt, obzwar infolge der Flächenstreifungen auch solche Reflexe in ihr erscheinen, die unrichtigerweise auf wirkliche Flächen zurückgeführt werden könnten. Durch die mit verschiedener Incidenz wiederholten Messungen wurden aber dieselben eliminiert und die oben angeführten Formen müssen deshalb als richtig bestimmte gelten.

Positives Orthodoma war an dem untersuchten Material nur eins vorhanden, nämlich $\sigma\{101\}$. Höchst auffallend ist an dieser Form, daß sie nur selten einheitliche Flächen besitzt; die deltoidförmige Abstumpfung am oberen Ende der Krystalle (s. Fig. 1) ist zumeist in zwei vicinale Pyramidenflächen gebrochen und mit je einer schiefen Streifung versehen, die in der Knickungslinie zusammentreffen. Der Kantenwinkel der beiden Teile beträgt ungefähr $4^{0}30'$.

Von den negativen Hemidomen ist Θ das gewöhnlichste; an dieses pflegt sich v anzuschließen, welches aber auch durch $\mathfrak{p}$ ersetzt wird. Letztere Formen habe ich übrigens auch nebeneinander beobachtet. Etwas seltener war η und nur an einem Krystall fand ich ein Flächenpaar, dessen Neigung zu $c = 39^{0}14'$ die Form $\{\bar{1}\bar{1}.0.13\}$ ergibt. Durch das Übereinstimmen mit dem berechneten Wert $39^{0}14\frac{3}{4}'$ ist die Annahme dieses Symbols vollkommen begründet.

Von den herrschenden Pyramiden der Krystalle wurde h schon erwähnt. Außer ihr finden wir noch eine positive Form und zwar s, aber auch nur selten, mit winzigen, kaum bemerkbaren Flächen.

Die negative Pyramide R ist mit ihren vollkommen spiegelnden Flächen eine constante Form der Combination, während die ebenfalls glatten, kleineren Facetten von k seltener erscheinen.

Die Endfläche c ist gewöhnlich nur als schmaler Streifen stets vorhanden, a konnte hingegen als kleine Abstumpfung nur vereinzelt bemerkt werden.

Als auffallende Eigenschaft der Krystalle sei erwähnt, daß die Grund-

winkelwerte von den Schrauf'schen bedeutend abweichen, ohne daß dies von Unvollkommenheiten der Flächen, oder von Messungsfehlern bedingt wäre. Der constante Wert von *mm'* beträgt z. B. ganz genau 81° 6', kommt also dem Winkel 81° 8' — den Farrington an Krystallen von Arizona bestimmte — viel näher, als dem Zippe'schen 80° 24' oder dem Schrauf-schen 80° 41'. Der Unterschied gibt sich natürlicherweise auch in den übrigen Kantenwinkeln kund, wie aus folgender Tabelle erhellt:

		Beobachtet:	Berechnet:
ca	= (001) : (100)	= 87° 38'	87° 36'
am	= (100) : (110)	40 33	40 20½
ww	= (120) : ($\bar{1}$20)	60 32	60 28¾
cl	= (001) : (023)	30 32	30 23 30"
cf	= (001) : (011)	41 26	41 20 30
cp	= (001) : (021)	60 27	60 23 30
cσ	= (001) : (101)	44 34	44 45 55
cv	= (001) : ($\bar{2}$01)	65 52	66 11 30
c𝔭	= (001) : ($\bar{1}\bar{5}$.0.8)	64 45	64 41
cη	= (001) : ($\bar{3}$02)	58 18	58 56
cΘ	= (001) : ($\bar{1}$01)	46 51	47 15
	(001) : ($\bar{1}\bar{1}$.0.13)	39 14	39 14¾
ch	= (001) : (221)	68 0	68 12
mh	= (110) : (221)	20 9	19 58 5
km	= ($\bar{2}$21) : ($\bar{1}$10)	20 25	20 24 55
Rc	= ($\bar{2}$41) : (001)	77 32	77 24 42

II. Typus.

Das Interesse wird am meisten durch jene Azuritstufe erregt, deren fast ideal vollkommene Krystalle in folgendem beschrieben werden sollen.

Die Krystalle, deren Größe bis 2 cm erreicht, sind größtenteils einander parallel orientiert und bilden einen schönen Krystallstock. Sogleich fällt uns ins Auge, daß die Flächen — von einigen Partien der Orthodomenzone abgesehen — alle vollkommen einheitlich und glatt sind, und selbst die geringsten Spuren einer Corrosion, oder anderer Unebenheiten entbehren. Die correspondierenden Flächen der partialen Formen sind gewöhnlich auch in demselben Maße entwickelt, wodurch die Krystalle fast modellartig erscheinen.

Wie es die Figg. 3 und 4 veranschaulichen, sind die Krystalle liegende Prismen, die an einem Ende der Stufe angewachsen, an dem anderen durch die Flächen der Zonen [110 : 001], [010 : 001] und [120 : 001] begrenzt werden. Charakteristisch ist, daß ihr Hauptschnitt parallel zu {010} aus den Tracen von *Θ*, *c*, und einem in die letztere Form übergehenden Orthodoma, {$\bar{2}$.0.11} gebildet wird (Fig. 3 und 4).

An den gemessenen Krystallen konnten folgende 24 Partialformen bestimmt werden:

Endflächen: $c\{001\}$, $a\{100\}$.

Prismen: $m\{110\}$, $w\{120\}$.

Klinodomen: $l\{023\}$, $f\{011\}$, $p\{021\}$.

Orthohemidomen: $\sigma\{101\}$, $\Phi\{201\}$, $\{\bar{2}.0.11\}$*, $\{\bar{4}.0.11\}$*, $\mathfrak{C}\{\bar{3}.0.10\}$, $A\{\bar{1}03\}$, $\Theta\{\bar{1}01\}$, $\eta\{\bar{3}02\}$, $v\{\bar{2}01\}$, $\mathfrak{M}\{\bar{1}\bar{3}.0.6\}$, $\{\bar{1}\bar{9}.0.8\}$*.

Hemipyramiden: $h\{221\}$, $s\{111\}$, $P\{223\}$, $x\{\bar{1}11\}$, $k\{\bar{2}21\}$, $e\{\bar{2}48\}$, $d\{\bar{2}43\}$, $R\{\bar{2}41\}$.

Von den Endflächen ist demnach nur c und a vorhanden, während b an diesem Typus nicht beobachtet wurde; a stumpft gewöhnlich nur als schmale Fläche die Kante $c\Theta$ ab, ist oft sogar so untergeordnet, daß seine Gegenwart nur durch die schwachen Reflexe verraten wird. Es kommen jedoch auch solche Krystalle vor, wo c auf Kosten von Θ als dominierende Fläche entwickelt ist. Auch c ist eine constante Form, die aber selten in größerem Maße entwickelt erscheint. In der Nähe der Kante $c\sigma$ ist sie noch spiegelglatt, gegen Θ hinzu wird sie stets mehr gestreift, dann gerieft, und geht endlich mit oscillierender Combination in ein Orthodoma über, das für die Krystalle äußerst charakteristisch ist. Obzwar letztere Form kaum eine einheitliche Fläche aufweist — besonders zufolge der wiederholten Combinationen mit c — muß sie jedoch als ein neues Hemidoma betrachtet werden, da ihr Reflex von c auf $10^0\,50'$ entfernt sehr constant erscheint. Die Berechnung führt zum Symbol $\{\bar{2}.0.11\}$, dessen Neigung zu $c = 10^0\,47\frac{1}{2}'$ von dem genannten nur $2\frac{1}{2}'$ abweicht.

Die größte Fläche der Hemidonenzone, Θ ist nicht selten vollkommen glatt, zumeist aber spärlich und fein gestreift.

Als kleinere, jedoch gute Flächen sind noch σ und Φ vorhanden, während die übrigen genannten Domen nur in den abgerundeten Partien der Zone abwechselnd erscheinen. So konnte ich $\{\bar{4}.0.11\}$ auch nur dreimal und $\{\bar{1}\bar{9}.0.8\}$ mit zwei schmalen, aber gut reflectierenden Flächen wahrnehmen. Von den untergeordneten Hemidomen sind v, c und η die gewöhnlichsten.

Der Kopf der Krystalle ist — wie schon erwähnt wurde — durch Flächen begrenzt, die drei Hauptzonen angehören. Die eine Zone, durch m und c, enthält die sehr schmalen positiven Hemipyramiden h, s und P, weiterhin die bedeutend größeren, schön entwickelten Formen k, x und c. Auffallend ist es, daß die Flächen von m trotz ihrer bedeutenden Größe nicht die geringste Unebenheit wahrnehmen lassen und ganz genaue Winkelwerte liefern.

In der Klinodomenzone herrschen die Formen l und p, während f nur untergeordnet ist, oder gänzlich fehlt.

Die dritte Zone zwischen *c* und *w* enthält die negativen Hemipyramiden *e*, *d* und *R*; von ihnen kann *d* manchmal abwesend sein, die beiden anderen waren aber am bearbeiteten Material stets vorhanden.

Da die Krystalle dieses Stückes besonders vollkommen sind und fast absolut genaue Messungen erlauben, schien es besonders wichtig, die beobachteten und berechneten Werte zu vergleichen. Wie sich aus der mitgeteilten Tabelle sogleich feststellen läßt, ist die Übereinstimmung durchaus nicht befriedigend, da es sich auch hier bestätigt, daß der Prismenwinkel größer, als der Schrauf'sche ist; *mm'* beträgt z. B. 81° 8', *ww* 119° 33' gegenüber 80° 41' resp. 119° 2'. Mit anderen Worten: die klinodiagonale Axe muß eine größere Länge besitzen, wie es bisher angenommen wurde. Ähnlicherweise sind auch die Neigungen der Klinodomen zu *c* stets zu groß, was wieder die relative Länge der Hauptaxe vergrößert.

Ähnliches konnten übrigens auch Farrington an arizonischen und Steiner an australischen und afrikanischen Azuriten beobachten. Es scheint deshalb wünschenswert, daß sowohl das Axenverhältnis, wie auch die einzelnen Formen auf Grund ausgewählter, zuverlässiger Winkelwerte von neuem berechnet werden, was ich mir für eine folgende Mitteilung vorbehalten möchte; in dieser Abhandlung sind die Durchschnittswerte der Messungen noch mit den bisherigen verglichen. Von den Winkelwerten dieser Krystalle seien erwähnt:

		Beobachtet:	Berechnet:
ca	= (001) : (100)	= 87° 38'	87° 36'
cm	= (001) : (110)	88 17	88 10 54"
am	= (100) : (110)	40 37	40 20½
aw	= (100) : (120)	59 46½	56 31
cl	= (001) : (023)	30 36	30 23 30
cf	= (001) : (011)	41 23	41 20½
cp	= (001) : (021)	60 29	60 23½
cσ	= (001) : (101)	44 42	44 45 55
	(001) : ($\bar{2}$.0.11)	10 50	10 47½
*c*𝔈	= (001) : ($\bar{3}$.0.10)	17 9	17 27 41
cA	= (001) : ($\bar{1}$03)	19 47	19 17 23
	(001) : ($\bar{4}$.0.11)	20 56	20 55
cΘ	= (001) : ($\bar{1}$01)	47 17	47 15
cη	= (001) : ($\bar{3}$02)	58 52	58 56 30
cv	= (001) : ($\bar{2}$01)	66 9	66 11 30
*c*𝔐	= (001) : ($\bar{1}\bar{3}$.0.6)	67 20	67 59 55
	(001) : ($\bar{1}\bar{9}$.0.8)	69 54	69 56
ch	= (001) : (221)	68 14	68 12
cs	= (001) : (111)	52 30	52 28
cP	= (001) : (223)	41 24	41 21 2

		Beobachtet:	Berechnet:
ce	$= (001):(\bar{2}45) =$	39° 48′	39° 43′ 26″
cd	$= (001):(\bar{2}43)$	54 36	54 29
cR	$= (001):(\bar{2}41)$	77 30	77 24 42
Rw	$= (\bar{2}41):(\bar{1}20)$	13 43	13 17 30

III. Typus.

Die hierhergehörenden Krystalle sind verhältnismäßig klein und dünn. Ihre Länge beträgt in orthodiagonaler Richtung höchstens 1 cm, ihre Dicke 0,8—1 mm. Sie sind ziemlich flächenreich, äußerlich hübsch gestaltet, aber infolge nachträglicher Lösungsvorgänge meistens matt geworden, ja sogar stark corrodiert. Nur im Innern der Druse findet man kleine Höhlen, auf deren Wandungen noch unversehrte, glänzende Kryställchen sitzen.

Die Individuen dieses Typus sind im allgemeinen orthodomatisch gestreckte, dünne Prismen, meistens zu Garben oder hypoparallelen Bündeln vereinigt. Zwischen ihnen lagert eine drusige, grüne Masse, die auf einer Stelle infolge nachträglich ausgelöster Kryställchen zellig erscheint; sie besteht, wie oben erwähnt wurde, aus arsen- und phosphorsauren Verbindungen.

Die Tracht der Krystalle ist in Figg. 5 und 6 abgebildet, und zwar mit den meist charakteristischen Formen, welchen sich noch in der Orthodomenzone einige bisweilen auftretende anschließen. Im ganzen habe ich 20 schon beschriebene und drei neue Formen festgestellt, nämlich

Endflächen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$.

Prismen: $m\{110\}$, $w\{120\}$.

Klinodomen: $f\{011\}$, $p\{021\}$.

Orthohemidomen: $\sigma\{101\}$, $\{107\}$*, $\{\bar{4}.0.19\}$*, $D\{\bar{1}04\}$, $F\{\bar{2}07\}$, $\mathfrak{C}\{\bar{3}.0.10\}$, $\Theta\{\bar{1}01\}$, $W\{\bar{6}05\}$, $B\{\bar{5}04\}$, $\eta\{\bar{3}02\}$, $\{\bar{5}03\}$*, $\mathfrak{F}\{\bar{7}04\}$, $v\{\bar{2}01\}$.

Hemipyramiden: $h\{221\}$, $R\{\bar{2}41\}$, $\lambda\{\bar{2}.18.3\}$, $e\{\bar{2}45\}$.

Sehr charakteristisch ist, daß an den Krystallen b mit gut entwickelten wenn auch nur schmalen Flächen stets vorhanden ist, während es an den anderen Typen fehlte. Nicht weniger eigentümlich ist an der Combination das Herrschen einer negativen Hemipyramide mit dem Symbol $\{\bar{2}.18.3\}$, die keiner vorhandenen Zone angehört.

Die besten Flächen der Hemidomenzone sind a, σ, c, Θ und η, welche ausreichend genau meßbar sind, obgleich sie an den corrodierten Krystallen mehr oder weniger matt erscheinen. Ihre relative Größe ist auch fast gleich, abgesehen von η, das gewöhnlich schmäler, als die anderen zu sein pflegt. Oft genug bekommen wir auch die Reflexe von $\{\bar{3}.0.10\}$ und $\{\bar{1}04\}$ in den gestreiften Partien der Zone.

Die neu angeführten Hemidomen sind alle nur durch einzelne Flächen vertreten. Die besten Reflexe liefert unter ihnen $\{\bar{5}03\}$, was in dem Übereinstimmen der berechneten und gemessenen Werte auch zum Ausdruck gelangt. Die Annahme von $\{\bar{1}07\}$ und $\{\bar{4}.0.19\}$ ist — obgleich sie in der Reflexgruppe gestreifter Hemidomen erscheinen — genügend begründet, da sie constante Werte liefern und auf andere, bekannte Formen nicht zurückgeführt werden können.

Die Flächen des Prismas m sind groß, aber rauh, w spiegelt überhaupt nicht und wurde bloß aus dem Schnitt der Zone n [100 : 110] und [001 : $\bar{2}41$] ermittelt.

Die beiden beobachteten Klinodomen sind zwar corrodiert, besitzen aber eine noch genügend spiegelnde Oberfläche.

Die schönsten Flächen der Krystalle besitzen die Hemipyramiden, und zwar in erster Reihe λ und h.

Die Differenz der Winkelwerte ist an diesem Typus ebenfalls bedeutend, wie die folgende Tabelle zeigt:

		Beobachtet:	Berechnet:
ca =	(001) : (100)	= 87° 38′	87° 36′
am =	(100) : (110)	40 32	40 20½
ab =	(100) : (010)	89 59	90 0
cf =	(001) : (011)	41 48	41 20 30″
cp =	(001) : (021)	60 28	60 23 30
$c\sigma$ =	(001) : (101)	44 40	44 45 55
•	(001) : $(\bar{1}07)$	8 55	8 31½
	(001) : $(\bar{4}.0.19)$	12 16	12 27¼
cD =	(001) : $(\bar{1}04)$	14 30	14 49½
cF =	(001) : $(\bar{2}07)$	16 49	16 40 2
$c\Theta$ =	(001) : $(\bar{1}01)$	47 12	47 15
$c\eta$ =	(001) : $(\bar{3}02)$	58 51	58 56 30
	(001) : $(\bar{5}03)$	61 42	61 43
$c\mathfrak{F}$ =	(001) : $(\bar{7}04)$	62 41	62 58
cv =	(001) : $(\bar{2}01)$	65 53	66 11 30
ch =	(001) : (221)	68 4	68 12
mh =	(110) : (221)	20 5	19 58 5
ce =	(001) : $(\bar{2}45)$	38 48	39 43 26
cR =	(001) : $(\bar{2}41)$	77 24	77 24 42
λc =	$(\bar{2}.18.3)$: (001)	79 41	79 38 47
$\lambda\lambda$ =	$(\bar{2}.18.3)$: $(\bar{2}.\overline{18}.3)$	154 36	154 32 28

IV. Typus.

Dieser Typus ist durch jene plumpen Säulchen vertreten, welche das eine Handstück bedecken und in der Fig. 7 abgebildet wurden.

Die Krystalle sind flächenarm und bestehen zumeist nur aus den Endflächen *a*, *c*, dem Hemidoma Θ, dem Klinodoma *l*, dem Prisma *m* und der Hemipyramide *h*, abgesehen von den kaum bemerkbaren kleinen Flächen von η und *p*. Es fand sich jedoch auch ein solcher Krystall vor, an dem zwischen *m* und *p* gleichzeitig noch *R*, und sehr untergeordnet auch λ vorhanden war.

Die einzelnen Krystallindividuen sind im allgemeinen ziemlich frisch, nur die Flächen der Klinodomenzone sind manchmal derart gleichmäßig matt, daß sie kaum reflectieren.

Der größte Teil der Krystalle erreicht bei 1—2 cm Länge bis 5—6 mm Dicke, es gibt aber auch zahlreiche, zur Messung mehr geeignete kleine Exemplare von kaum 1—2 mm Größe. Häufig findet man auch aus hypoparallelen Subindividuen aufgebaute Krystallstöcke.

Die Zahl der beobachteten Formen beträgt hier nur 13; es beteiligen sich nämlich an der Combination

die Endflächen: $c\{001\}$, $a\{100\}$;
das Prisma: $m\{110\}$;
die Klinodomen: $l\{023\}$, $f\{011\}$, $p\{021\}$;
die Hemidomen: $\sigma\{101\}$, $\Theta\{\bar{1}01\}$, $\eta\{\bar{3}02\}$, $v\{\bar{2}01\}$;
die Hemipyramiden: $h\{221\}$, $R\{\bar{2}41\}$, $\lambda\{\bar{2}.18.3\}$.

Unter denselben besitzen *c*, *a* und *m* gleichmäßig glatte Flächen, obzwar am Prisma in manchen Fällen eine verticale Streifung erscheint. Θ ist wider Gewohnheit vollkommen eben, oder gleichmäßig gekörnt. η und *v*, wie auch σ bilden nur sehr schmale, abstumpfende Facetten.

Von den Hemipyramiden ist *h* constant und gut entwickelt. Zum Vergleiche seien folgende Kantenwinkel angeführt:

		Beobachtet:	Berechnet:
ca	$= (001):(100) =$	87° 38′	87° 36′
am	$= (100):(110)$	40 33	40 20½
cm	$= (001):(110)$	88 10	88 10 5″
cl	$= (001):(023)$	30 29	30 23 30
cf	$= (001):(011)$	41 27	41 20 30
cp	$= (001):(021)$	60 23	60 23 30
$c\sigma$	$= (001):(101)$	44 45	44 45 55
$c\Theta$	$= (001):(\bar{1}01)$	47 26	47 15
$c\eta$	$= (001):(\bar{3}02)$	59 0	58 56 30
cv	$= (001):(\bar{2}01)$	66 44	66 11 30
ch	$= (001):(221)$	68 0	68 12

V. Typus.

Die nach der Basis tafeligen Krystalle bilden auch in sich allein eine Stufe, kommen aber auch zwischen den anderen vereinzelt vor. Manche sind nur klein, fast schuppenartig, andere bis 1 cm groß.

Der Habitus der Durchschnittskrystalle entspricht der Fig. 8, von der jedoch viele Exemplare in der relativen Dicke abweichen, oder derart verschieden sind, daß sich die Tafeln nach einer Richtung — gewöhnlich einer Prismenfläche nach — ausdehnen.

An diesem Typus konnte ich 17 partiale Formen bestimmen, nämlich die folgenden:

Endflächen: $c\{001\}$, $a\{100\}$.
Prisma: $m\{110\}$.
Klinodomen: $l\{023\}$, $p\{021\}$.
Hemidomen: $\sigma\{101\}$, $\{\bar{2}.0.11\}$*, $\{\bar{3}.0.14\}$*, $\mathfrak{C}\{3.0.10\}$, $D\{\bar{1}04\}$, $A\{\bar{1}03\}$, $\Theta\{\bar{1}01\}$.
Hemipyramiden: $h\{221\}$, $s\{111\}$, $x\{\bar{1}11\}$, $\{\bar{7}71\}$*, $k\{\bar{2}21\}$.

Die herrschende Fläche der Krystalle, c ist spiegelglatt, oder in der orthodiagonalen Richtung sehr spärlich und schwach gestreift.

Die Querfläche a pflegt stets schmal zu sein, wobei auch ihre Reflexe wegen Unebenheiten undeutlich sind.

Sehr schöne, gut entwickelte Flächen besitzt auch l, während p daneben nur schmale Streifen bildet.

Die Zone der Orthodomen enthält verhältnismäßig wenige Formen; auffallend ist, daß σ hier gewöhnlich größer ist, als Θ, das oft sogar gänzlich fehlt. Ziemlich constant ist das Hemidoma $\{\bar{2}.0.11\}$, welches von einem anderen Typus bereits schon erwähnt wurde. Die Flächen desselben sind zwar sehr schmal, treten aber stets paarweise, mit deutlichen Reflexen auf. Dasselbe gilt von $\{\bar{3}.0.14\}$, einer ebenfalls neuen Form. An ein und demselben Krystall war sie mit zwei Flächen vertreten, deren Kantenwinkel mit der Berechnung bis auf 3′ übereinstimmen.

Die Reflexe von A und D kehren beim Messen der gestreiften Zonenteile auch sehr oft wieder; sie erscheinen dabei, auch nebeneinander, jedoch nur als schmale Facetten.

Von den Pyramiden sind h und x constant, s und k nur selten; es existiert aber zwischen m und x, oder m und c sehr oft eine abgerundete Partie, welche durch Messen nicht identificiert werden kann und die ich auf die beiden letztgenannten Formen zurückführen möchte.

Die neue Form $\{\bar{7}71\}$ ist die stumpfeste der bisher beschriebenen Pyramiden in der Zone [001 : 110]. Ihre Reflexe wurden öfters beobachtet, sie bildete aber besonders an einem sehr gut entwickelten Krystall

schöne, glänzende, wenn auch schmale Flächen, deren Winkelwert dem berechneten sehr nahe kommt, wie wir aus der Tabelle sehen:

		Beobachtet:	Berechnet:
ca	= (001) : (100)	= 87° 34′	87° 36′
cm	= (001) : (110)	88 9	88 10 5″
cl	= (001) : (023)	30 24	30 23 30
cp	= (001) : (021)	60 20	60 23 30
$c\sigma$	= (001) : (101)	45 3	44 45 55
	(001) : ($\bar{2}$.0.11)	10 52	10 47½
	(001) : ($\bar{3}$.0.14)	12 40	12 43
$c\mathfrak{C}$	= (001) : ($\bar{3}$.0.10)	17 27	17 27 41
cA	= (001) : ($\bar{1}$03)	19 35	19 17 23
cD	= (001) : ($\bar{1}$04)	14 35	14 49½
ch	= (001) : (221)	68 15	68 12
cx	= (001) : ($\bar{1}\bar{1}$1)	54 50	54 51
	(001) : ($\bar{7}\bar{7}$1)	85 51	85 48

Aus den angeführten Beobachtungen sieht man, daß wir das Azuritvorkommen von Tsumeb als eines der schönsten betrachten müssen, welches nebst der Mannigfaltigkeit seiner Krystalle auch ein ausgezeichnetes Material liefert, an welchem die wünschenswerte Correction des Axenverhältnisses durchgeführt werden kann.

Cerussit.

Wie schon erwähnt, begleitet die Kupferlasur nebst anderen Mineralien auch krystallisierter Cerussit. Die vollkommen wasserklaren, schönen Kryställchen desselben sitzen nicht unmittelbar auf dem Azurit, sondern auf dem Malachit, der manchmal sogar in sie einzudringen pflegt. Einfache Krystalle sind ziemlich selten, da man stets zwei- oder dreifache, an- oder durcheinander gewachsene Zwillingsgebilde findet.

Die Krystallindividuen sind im allgemeinen von schönen, einheitlichen Flächen umgrenzt, abgesehen von jenen Teilen, an welchen wiederholte Zwillingsbildungen, oder einfache oscillatorische Combinationen vorhanden sind.

Die Zahl der sicher festgestellten partiellen Formen beträgt 17, wobei einige complicierte Symbole ausgeschlossen wurden, die aus eventuell beobachteten Reflexen der gestreiften Brachydomenzone erfolgten. An der Combination beteiligen sich

Endflächen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$;
Prismen: $m\{110\}$, $r\{130\}$, $G\{150\}$;
Makrodoma: $y\{102\}$;
Brachydomen: $n\{071\}$, $z\{041\}$, $i\{021\}$, $k\{011\}$, $x\{012\}$, $\gamma\{013\}$;
Pyramiden: $p\{111\}$, $o\{112\}$, $\alpha\{122\}$, $s\{121\}$.

Der Habitus der Krystalle ist entweder kurz prismatisch, in brachydiagonaler Richtung (Fig. 9), oder ein wenig abgeplattet nach *b* (Fig. 10), nicht selten auch tafelartig nach der Basis. Diese drei Haupttypen sind nicht scharf unterschieden, vielmehr kommt es vor, daß sie in den einzelnen Individuen der Zwillinge und Drillinge nebeneinander entwickelt sind.

Am wenigsten gleichmäßig sind die Flächen in der Prismenzone. Herrschend ist hier *b*, kleiner das *r*, und nur eine schmale Fläche das Prisma *m*. Die Querfläche *a* ist keine constante Form der Combination und bleibt, wenn auch vorhanden, stets sehr beschränkt.

Die einzige schmale Fläche des angeführten *G* konnte ich nur in einem Falle beobachten.

Die meisten, oft sehr gestreiften Flächen treten in der Orthodomenzone auf. An den einfacheren und zugleich vollkommeneren Krystallen reihen sich in der Nähe der Kante {001 : 010} nur die Formen *x*, *k* und *i* aneinander, sehr oft aber begleitet diese auch *z*, γ und endlich *n*, in welchem Falle zugleich die Flächenstreifung zunimmt.

Die regelmäßigsten Flächen besitzen allerdings die Pyramiden, und das Makrodoma *y*. An einem Teil der Krystalle dominiert *p*, an dem anderen *s*. Oft kommt neben α, *o* und *y*, die im Gleichgewicht entwickelt sind, *p* und *s* kaum zur Geltung.

Daß die Krystalle sehr vollkommen sind, findet seinen Beweis in den goniometrischen Werten, deren Übereinstimmung mit den berechneten sehr befriedigend ist.

		Beobachtet:	Berechnet:
mm	= (110) : (1$\bar{1}$0) =	62° 46′	62° 45′ 50″
ar	= (100) : (130)	61 15	61 20 40
aG	= (100) : (150)	72 6	71 50 47
cy	= (001) : (102)	30 40	30 39 12
cu	= (001) : (071)	11 4	11 10 37
cz	= (001) : (041)	19 5	19 4 28
ci	= (001) : (021)	34 40	34 39 58
ck	= (001) : (011)	57 6	57 7 59
cx	= (001) : (012)	70 7½	70 7 30
cγ	= (001) : (013)	76 25	76 27
co	= (001) : (112)	34 49	34 46 7
yα	= (102) : (122)	31 55	31 52 50
yo	= (102) : (112)	17 17	17 16 30
cp	= (001) : (111)	54 16	54 14 12
pp	= (111) : (1$\bar{1}$1)	50 0	49 59 28
bs	= (010) : (121)	47 0	47 0 9
pm	= (111) : (110)	35 44	35 45 48
oα	= (112) : (122)	14 38	14 36 20

Zwillingskrystalle.

Wie man beim Cerussit schon gewohnt ist, besteht die Mehrzahl der vorliegenden Krystalle ebenfalls aus Individuen, die in Zwillingsstellung nach $m\{110\}$ verwachsen sind.

Die zwei oder drei Krystallteile sind entweder aneinander gestellt, oder erzeugen durch Penetration die bekannten kreuz- oder sternförmigen Gruppen. Es ist nicht selten, daß ein Glied des Drillings nur als äußerst dünne Lamelle zwischen die beiden anderen eingeschaltet ist und nur bei eingehender Beobachtung erkannt werden kann. Im übrigen sind Eigenschaften, welche die vorliegenden Cerrussitzwillinge von denen anderer Fundorte unterscheiden würden, nicht zu bemerken.

XVII. Translation und anomale Doppelbrechung bei Steinsalz und Sylvin.

Von

Albert Ritzel.

(Mit 21 Textfiguren.)

I. Die Ausführung der Versuche.

Nach den früheren Versuchen von Reusch[1]) hat O. Mügge[2]) die Translationsfähigkeit des Steinsalzes untersucht und gezeigt, daß Gleitfläche die Rhombendodekaëderfläche ist und Gleitrichtung in ihr die lange Diagonale. Außerdem haben sich mehrere Forscher mit der Deformierbarkeit des Chlornatriums durch Druck — und zwar bei verschiedenen Temperaturen — beschäftigt, einer Eigenschaft, die, wie schon mehrmals betont wurde, aufs engste mit der Translationsfähigkeit verknüpft ist[3]). Es sind also die hier in Frage kommenden Erscheinungen schon von verschiedenen Gesichtspunkten aus eingehend untersucht worden. Wenn ich mich trotzdem noch einmal mit diesem Gegenstand befaßt habe, so geschah es in der Absicht, über die bleibenden Verschiebungen, die in dem Steinsalz durch einseitigen Druck hervorgerufen werden, genaueren Aufschluß zu erhalten, als das bisher der Fall war. — Zu diesem Zweck benutzte ich eine etwa 10 cm lange und 3 cm breite Schraubenpresse der üblichen Construction, bei der die beiden Backen vollkommen eben waren und sich auch beim Anziehen der Schrauben streng parallel zueinander verschoben. Diese Presse war fest verbunden mit einem Objectschraubenmikrometer, das mir die Firma Zeiß freundlichst zur Verfügung stellte, und wofür ich ihr auch hier meinem besten Dank ausspreche. Es ist so gebaut, daß die Schraube eine Gesamtverschiebung von 1 cm zuläßt, und man an der mit

---

1) Monatsber. Berl. Akad. 11. April 1867, S. 222.

2) Neues Jahrb. f. Min. usw. 1898, **1**, 91. Ausz. diese Zeitschr. **33**, 169.

3) Vergl. die Literatur bei Ritzel, Krystallplasticität, Fortschritte für Mineralogie usw. **2**, 62.

ihr verbundenen Trommel $\frac{1}{500}$ mm direct ablesen, $\frac{3}{5000}$ mm noch schätzen kann. Mikrometer und Presse wurden beide auf dem Tisch eines Mikroskopes aufgeschraubt, und zwar beide in horizontaler Lage, sodaß auch eine Fläche des in die Presse eingespannten Krystalls horizontal lag und so unter dem Mikroskop beobachtet werden konnte. Zur Untersuchung benutzte ich ausschließlich aus einem Krystall herausgeschnittene oder gespaltene rechteckige Prismen von meist 1 cm Länge, 0,5 cm Breite und 0,2 cm Dicke. Die Beobachtungsfläche war daher immer rechteckig begrenzt. Vor dem Versuche wurde sie abgeschliffen und dann mit Hilfe einer Stahlspitze mit Linien versehen, die parallel zu den beiden Kanten lagen, sich also selbst rechtwinklig durchkreuzten. Darauf brachte ich das Prisma in die Presse und maß nun, bevor also irgend welcher Druck auf die Platte ausgeübt war, die Lage der einzelnen Durchkreuzungspunkte auf der Beobachtungsfläche genau ab. Das geschah folgendermaßen. Zuerst stellte ich die Presse so ein — sie war um eine verticale Axe drehbar — daß die Druckrichtung parallel der Schraube, d. h. der Verschiebungsrichtung des Mikrometers verlief, brachte dann durch Drehen an der Mikrometertrommel nacheinander die schon genannten Flächenpunkte mit dem Fadenkreuz des Mikroskopes zur Deckung und las auf diese Weise direct deren Entfernung voneinander ab. (Diese Entfernung, parallel der Druckrichtung, nenne ich, wie ich gleich hier bemerken will, durchweg in meiner Arbeit die Ordinaten der betreffenden Punkte und bezeichne sie mit y.) Darauf drehte ich die Presse um 90°, sodaß die Druckrichtung senkrecht zur Mikrometerschraube stand und bestimmte in der gleichen Weise, wie weit in dieser Stellung die Punkte voneinander lagen. Die erhaltenen Werte bezeichne ich als die Abszissen der Punkte mit x. Nach dieser ersten Ausmessung preßte ich den Krystall zusammen und bestimmte nun genau wie vorher die neue Lage der Punkte. Die Differenz der beiden Bestimmungen lieferte mir die durch den Druck verursachten absoluten Verschiebungen — ich bezeichne sie mit dx und dy — und der Quotient $\frac{dy}{dx}$ gibt außerdem die Verschiebungsrichtung, natürlich in Projection auf die Würfelfläche, an. Die Verschiebungen sind, wohl gemerkt, dauernde, oder besser gesagt, sie sind plastischer und nicht elastischer Natur. Denn die Elasticitätsgrenze von Steinsalz und Sylvin ist so eng, daß ich bei Druckentlastung niemals eine nennenswerte Punktverrückung constatieren konnte.

II. Versuche am Steinsalz.

Bei meinen ersten Versuchen benutzte ich Prismen bei denen die Druck- und die Beobachtungsflächen Würfelflächen waren, d. h. also einfach Spaltungsstücke. Wenn ich die Druckfläche mit 100 resp. $\bar{1}00$ bezeichne und die

Beobachtungsfläche mit 001, dann mußte man erwarten, daß die durch die Pressung verursachte Deformation vor allem durch Gleitung längs 101, 10$\bar{1}$, 110, 1$\bar{1}$0 zustande käme. Als ich nun zuerst ein Prisma anwandte, dessen lange Kante $c = 1$ cm, dessen mittlere $b = 0{,}6$ cm und dessen kurze $a = 0{,}2$ cm war und bei dem ferner der Druck auf ab ausgeübt und die Punktverschiebung auf bc beobachtet wurde, da stellte sich bei dem Versuche heraus, daß man durch Pressen c um 6% und noch mehr seines Wertes verkürzen kann, ohne daß b auch nur im mindesten zunimmt. Mit anderen Worten heißt das, daß bei der obigen Anordnung alle Punkte der Beobachtungsfläche sich streng parallel mit der Druckrichtung verschieben und daß infolgedessen der Wert $\frac{dy}{dx} = \infty$ ist. Ein weiterer Versuch, dessen Resultat in Tabelle 1 dargestellt ist, bestätigt das. Zu deren Erläuterung sei noch bemerkt, daß unter P die Bezeichnung der einzelnen Punkte angegeben ist. Wie man sieht, sind insgesamt 16 beobachtet und die parallel der Druckrichtung liegenden Punktreihen sind fortlaufend numeriert. Unter x und y sind die Coordinaten nicht in cm angegeben, sondern in der Einheit des Mikrometers die gleich $\frac{1}{50}$ cm ist. Es geschah das, um keine zu unbequemen Zahlen zu bekommen. Die Werte von x und y sind so genau wie möglich, d. h. bis auf die dritte Decimale ermittelt worden, denn zu einer guten Bestimmung von dx und dy, den Verschiebungen, ist das ja notwendig. Um Raum zu sparen sind aber bei y und x die beiden letzten Decimalen weggelassen. Denn erfahrungsgemäß verhalten sich bei all unseren Versuchen zwei Punkte, die um weniger als 0,1 voneinander entfernt liegen so ähnlich, daß Verschiedenheiten in ihren Bewegungen innerhalb der Fehlergrenze fallen. Die Verschiebungen dy und dx sind natürlich bis auf die dritte Decimale angegeben, und zwar bezogen auf den Punkt $P = 1$; dy und dx sind negativ gerechnet, wenn die Punkte sich durch die Verschiebung $P = 1$ nähern, und positiv, wenn sie sich von ihm entfernen. Ich habe meine Messungen deswegen nicht auf eine Krystallecke[1]) selbst bezogen, weil man sie im allgemeinen nicht genau genug einstellen kann. Wie man sieht, habe ich aber $P = 1$ sehr nahe an die Kante herangelegt. Die 16 beobachteten Punkte sind nun nicht gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt, sondern sie sind in einer Ecke concentriert. Das mußte ich deswegen so einrichten, weil ich nur Punkte gebrauchen konnte, die, einerlei ob die Presse parallel oder senkrecht zur Mikrometerschraube stand, ins Gesichtsfeld des Mikroskopes zu bringen waren. Obwohl ich nun eine sehr schwache Vergrößerung anwandte, so durfte doch die Entfernung von zwei gleichzeitig beobachteten Punkten nicht größer als etwa 17—18 sein. Andererseits wäre es nicht vorteilhaft

1) Unter der Rubrik P ist sie mit K bezeichnet und als Coordinatenanfangspunkt gewählt.

gewesen, die Prismen so klein zu wählen, daß ihre lange Kante c höchstens $= 18$ gewesen wäre, und zwar schon deswegen nicht, weil man so kleine Präparate sehr viel schwerer genau herstellen kann als größere. Aus diesen und noch aus anderen Gründen habe ich immer etwas größere Prismen benutzt. Ihre Dimensionen sind am Kopf der Tabelle angegeben, und die Druckverschiebungen jedesmal nur an Teilen der Oberfläche beobachtet. Es folgt nun die Tabelle:

Tabelle 1.

Dimension des Prismas: $c = 53$, $b = 43$, $a = 20$.

bc = Beob. Fl.

Dr.-R.[1] $= c$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
K	0	0	—	—	—
1	2,1	1,0	—	—	—
2	6,8	1,2	−0,133	+0,028	− 4,7
3	12,4	1,4	−0,411	+0,025	− 16
4	17,4	1,7	−0,515	+0,040	− 13
1^1	2,1	5,4	−0,046	−0,047	+ 1
2^1	6,8	5,6	−0,176	+0,010	− 18
3^1	12,4	5,7	−0,394	+0,045	− 9
4^1	17,5	6,0	−0,530	+0,099	− 5,3
1^2	2,2	10,3	−0,078	−0,006	+ 13
2^2	6,9	10,5	−0,205	+0,026	− 8
3^2	12,5	10,7	−0,384	+0,032	− 12
4^2	17,5	10,8	−0,530	+0,059	− 9
1^3	2,2	14,7	−0,108	±0	∞
2^3	6,9	14,9	−0,205	−0,002	+102
3^3	12,4	15,1	−0,437	+0,015	− 29
4^3	17,5	15,3	−0,515	+0,006	− 86

Wie man sieht, beträgt $\frac{dy}{dx}$ für die Punkte 3, 3^1, 4, 4^1 usw., für die die Verschiebungen wirklich beträchtlich sind, im Durchnitt etwa 10. Die Punkte bewegen sich also praktisch der Druckrichtung parallel. Daß $\frac{dy}{dx}$ eigentlich nie $= \infty$ ist, kommt nur daher, weil dx durch Inhomogenitäten der Platte und ähnliche Ursachen im allgemeinen nicht 0 ist. Diese kleinen dx-Werte müssen natürlich am meisten stören bei den nur wenig verschobenen Punkten 1^1, 2 usw. Infolgedessen ist bei diesen $\frac{dy}{dx}$ im Durch-

1) Dr.-R. = Druckrichtung.

schnitt nur etwa gleich 5. Daß es sich übrigens hier bei dem dx wirklich nur um Störungen handelt, geht auch daraus hervor, daß es fast immer positiv ist, daß also beim Pressen die Platte eher an Breite ab- als zunimmt. Wie ist nun das Resultat der Tabelle 1 zu erklären? Zuerst vermutete ich, daß Oberflächeneinflüsse bei der Punktbewegung eine bestimmende Rolle spielten, ähnlich wie das Vernadsky[1]) bei der Erklärung seiner Versuche angenommen hat. War die Vermutung richtig, dann mußte man erwarten, daß die Fläche ac genau so oder wenigstens in ähnlicher Weise durch den Druck verändert werde als bc. Der Versuch an einem zweiten Prisma, bei dem nun ac beobachtet wurde, lehrte aber etwas ganz anderes, wie die Tabelle 3 auch zeigt. Sie ist wieder so wie 1 angelegt. Als Coordinatenanfangspunkt ist eine Krystallecke gewählt, als feststehender Bezugspunkt aber nicht $P = 1$, sondern 1^1, und zwar aus später noch zu erklärenden Gründen. Fig. 1 stellt endlich den Inhalt der Tabelle 2 insofern bildlich dar, als in ihr die relative Lage der einzelnen Punkte zueinander und durch die Pfeile ihre Bewegungsrichtung markiert sind.

Fig. 1.

Der Unterschied gegenüber der Tabelle 1 tritt an den $\frac{dy}{dx}$-Werten sofort deutlich zutage. Sie sind hier sehr viel niedriger als dort. D. h. also, auf der ac-Fläche bewegen sich die Punkte nicht der Druckrichtung parallel, sondern weichen stark von ihr ab. Sie gehen, wie man an der Fig. 1 noch besser sieht, selbst auseinander. Beim Drücken nimmt also a im Gegensatz von b zu.

Tabelle 2.

Dimensionen: $c = 48$; $b = 33$; $a = 10,3$.

Beob. Fl.: $= ac$. Dr.-R. $= c$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	3,3	9,5	−0,071	+0,050	−1,4
2	7,3	9,6	−0,204	+0,182	−1,1
3	10,9	9,6	−0,404	+0,327	−1,2
4	14,2	9,7	−0,521	+0,413	−1,3
5	18,0	9,8	−0,695	+0,494	−1,4
1^1	3,6	5,7	—	—	—
2^1	7,5	5,8	−0,158	+0,070	−2,3
3^1	11,1	6,0	−0,235	+0,135	−1,7
4^1	14,3	6,1	−0,406	+0,218	−1,9

1) Trav. de l'Univ. de Moscou 1897, **13**. Ausz. diese Zeitschr. **31**, 519.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
5^1	18,2	6,2	−0,598	+0,367	−1,6
1^2	4,0	1,2	−0,002	−0,034	—
2^2	7,9	1,3	−0,061	−0,081	+0,8
3^2	11,4	1,3	−0,123	−0,048	+2,5
4^2	14,6	1,4	−0,208	−0,001	$+\infty$
5^2	18,5	1,4	−0,496	+0,101	−4,9

Aus dem ganz verschiedenen Verhalten der beiden Flächen ac und bc folgt zunächst, daß Oberflächeneinflüsse bei den Verschiebungen offenbar nicht maßgebend sind, daß wir vielmehr nach anderen Erklärungsgründen suchen müssen. Tabelle 1 und 2 lassen sich nun sehr gut miteinander in Einklang bringen, wenn wir annehmen, daß die Deformation beim Druck nicht längs der vier oben bezeichneten Rhombendodekaëderflächen vonstatten geht, sondern daß nur die zwei von ihnen als Gleitflächen in Wirksamkeit treten, die die Kante b gerade abstumpfen. Ich will sie künftighin als b-Flächen bezeichnen und ihnen die Indices 101 und $10\bar{1}$ geben. Aus dieser Annahme folgt ohne weiteres, daß im Einklang mit dem Experiment alle Punkte auf bc sich parallel mit der Druckrichtung bewegen müssen. Auf der ac-Fläche sollte dagegen $\frac{dy}{dx}$ annähernd gleich 1 sein, d. h. die Verschiebungsrichtung sollte mit der Druckrichtung einen Winkel von 45° bilden, weil das gleiche ja auch die beiden b-Flächen tun. Für die Punkte 1—5 ist $\frac{dy}{dx}$ tatsächlich nur wenig größer als 1. Deren Bewegung ist also offenbar ausschließlich durch Gleitung längs einer b-Fläche, etwa 101, zustande gekommen. Daß bei den übrigen Punkten $\frac{dy}{dx}$ meist größer als 1 ist, ist aber auch nicht erstaunlich. Bei ihnen sind nämlich beide Gleitflächen in Wirksamkeit getreten und während 101 die Punkte gewissermaßen nach links unten zu ziehen versucht, treibt sie $10\bar{1}$ nach rechts unten. Bald überwiegt nun der Einfluß der einen, bald der der anderen Gleitfläche, wie man beispielsweise beim Vergleich von 3^1 und 3^2 sehen kann. Auf alle Fälle muß aber als Resultat eine Bewegungsrichtung herauskommen, die mit der Druckrichtung einen kleineren Winkel als 45° einschließt.

Daß bei der obigen Versuchsanordnung tatsächlich nur Translation längs der b-Flächen und nicht auch längs der a-Flächen stattfindet, das kann man auch an dem optischen Verhalten der Prismen nachweisen. Blickt man durch die bc-Fläche einer gepreßten Platte zwischen gekreuzten Nikols und in Parallelstellung hindurch, so erscheint sie vollkommen dunkel und nur ganz untergeordnet und gelegentlich treten ein paar doppeltbrechende Flecken auf. Ein ganz anderes Bild zeigt aber in

diesem Falle die Durchsicht durch die ac-Fläche. Diese ist durchzogen von einer Unmenge doppeltbrechender schmaler und scharf begrenzter Streifen, die mit der Druckrichtung einen Winkel von 45° bilden und deren größerer Brechungsexponent meist senkrecht, manchmal aber auch parallel zu ihrer Längserstreckung liegt.

Diese doppeltbrechenden Streifen sind schon Brewster und Reusch aufgefallen. Sie kommen dadurch zustande, daß bei der Pressung die aneinander vorbeigleitenden Teile des Krystalles sich reiben, dadurch comprimiert, mitunter auch dilatiert werden und infolgedessen dann Doppelbrechung zeigen. Da nun in unserem Fall doppeltbrechende Streifen nur längs der b- und nicht auch längs der a-Flächen auftreten, so ist das ein weiterer Beweis dafür, daß sich nur 101 und $10\bar{1}$ wirklich als Gleitflächen betätigen. Der Grund, warum keine Translation längs der a-Flächen eintritt, ist auch leicht einzusehen, wenn wir uns das Steinsalz, ähnlich wie man das schon beim Eis getan hat[1]), parallel mit den Rhombendodekaëderflächen in schmale Platten zerschnitten denken, die selbst starr sind, sich gegeneinander aber verschieben können. Unser Prisma wird auf diese Weise in schmale Rechtecke zerlegt, die in den Schnitten längs den b-Flächen mit der breiten Kante in der Druckfläche liegen, in denen längs der a-Flächen mit der schmalen. Wenn wir nun eine rechteckige Platte mit den Kantenlängen α und β über eine ebene Unterlage hinwegzuziehen versuchen, so ist offenbar die Kraft K, die wir dazu brauchen gleich:

$$K = \varrho \cdot \alpha \cdot \beta\,,$$

wo ϱ der Reibungscoëfficient ist. In unserem Falle greift nun der Druck die b-Flächen an der Breitseite an und sucht sie zu verschieben, die a-Flächen an der Schmalseite, und zwar wirkt er in jedem Punkt gleich stark, d. h. er ist selbst der Länge dieser Seiten proportional. Die pro Längeneinheit wirkende Kraft K_0 ist infolgedessen $= \frac{K}{\alpha}$, wenn wir mit α die in der Druckfläche liegende Kante des Rechteckes bezeichnen. Setzen wir K_0 in die obige Gleichung ein, so folgt

$$K_0 = \varrho\beta\,,$$

d. h. es folgt, daß die zur Translation notwendige Kraft proportional ist der Rechteckskante, die mit der Druckrichtung einen Winkel von 45° bildet. Wie man sofort sieht, ist β bei den a-Flächen größer als bei den b-Flächen, und zwar um so größer, je kleiner a gegenüber von b ist. Infolgedessen wird Translation längs den b-Flächen schon bei einem geringeren Druck eintreten als längs den a-Flächen und, wenn man den Druck nur sehr

1) Vergl. O. Mügge, N. Jahrb. f. Min. usw. 1895, **2**, 211. Ausz. diese Zeitschr. **28**, 614.

langsam wirken läßt, d. h. ihn nie merklich über den Wert, bei dem die erste Verschiebung eintritt, steigert, dann wird überhaupt nur Gleitung parallel den *b*-Flächen stattfinden und keine parallel den *a*-Flächen. Hier will ich noch bemerken, daß ich die schon beschriebenen Versuche sehr oft wiederholt habe und immer zu dem gleichen Resultat gekommen bin. Nur dann traten gelegentlich Unregelmäßigkeiten ein, wenn die Druckflächen nicht ganz eben waren.

Es fand dann nach und nach auch Gleitung parallel zu allen vier Rhombendodekaëderflächen statt, und zwar naturgemäß um so häufiger, je weniger *a* von *b* verschieden war.

Das optische Verhalten der Prismen.

Die oben gegebene Erklärung kann man auf optischem Gebiet noch einer Prüfung unterziehen. Sie besagte ja, daß, sowie der Druck P_0 erreicht ist, Gleitung eintritt und dadurch einem weiteren Steigen des Druckes entgegengewirkt wird. Einen höheren Druck als P_0 wird man zwar durch schnelles Anziehen der Schraube für kurze Zeit erreichen können, er wird aber bald wieder sinken, weil eben durch die eintretende Translation der Krystall dem Druck sozusagen ausweicht. Er wird erst dann aufhören zu gleiten, wenn der Druck wieder auf P_0 gesunken ist. Da nun die durch Spannung in einem Krystall hervorgerufene Doppelbrechung der Größe dieser Spannung proportional ist, so müssen wir folgendes Resultat erwarten, wenn wir ein Steinsalzprisma langsam zusammenpressen. Entsprechend dem zunächst stärker werdenden Druck bekommen wir eine stärker werdende Doppelbrechung bis zu dem Druck P_0, dann steigt dieser und infolgedessen auch die Doppelbrechung nicht mehr. Sie bleibt constant, wenn wir die Schraube allmählich auch noch so weit anziehen. Diese Folgerung der obigen Theorie findet in der Tabelle 3 ihre Bestätigung. In ihr ist unter $\mu\mu$ der Gangunterschied der beiden Strahlen angegeben und unter *d*, um wie viel die Prismenlänge jedesmal durch den Druck verkürzt war. Die Doppelbrechung wurde nicht sofort nach dem Anziehen der Schraube bestimmt, sondern erst nach einer $\frac{1}{2}$ Stunde, um keinen zu hohen Wert zu erhalten.

Tabelle 3.

Prismendimensionen: $c = 50$. $b = 28$.
Beob. Fl.: *bc*. $a = 20$.
Dr.-R.: *c*.

d	$\mu\mu$
0,250	600
0,500	600
0,750	600
1,000	700

d	$\mu\mu$
1,250	700
1,500	700
1,750	700
2,000	700

Wie man sieht, bleibt die Doppelbrechung über das ganze Intervall von $d = 0{,}250 - 2{,}000$ tatsächlich constant. Der anfängliche Anstieg der Doppelbrechung von 0 auf 600 $\mu\mu$ tritt schon bei einem so kleinen d-Wert ein, daß er experimentell nur sehr ungenau feststellbar ist. Deswegen führe ich dafür keine Zahlen an.

Die Größe der Doppelbrechung hängt offenbar, so lange an dem gepreßten Prisma $b > a$ ist, d. h. die Gleitung ausschließlich längs der b-Flächen erfolgt, lediglich ab von der Größe von a und ist unabhängig von b. Mit anderen Worten: die Doppelbrechung ist abhängig von der Dicke des Krystalles, nicht aber von seiner Breite. Sinkt dagegen b unter a herab, dann erfolgt nunmehr die Gleitung nach den a-Flächen. Jetzt wird man infolgedessen einen geringeren Wert der Doppelbrechung durch Druck erreichen können, und zwar einen umso geringeren, je kleiner b wird[1].

Drückt man die Länge von b so aus, daß man die von a als Maßeinheit wählt, dann heißt das: von $b = 1$ ab wird die maximal erreichbare Doppelbrechung mit b nicht wachsen, sondern constant bleiben. Sie sinkt dagegen mit b, wenn dieses kleiner als 1 wird. Auch diese Folgerungen haben sich bestätigen lassen, wie die Tabelle 4 zeigt. In den darin wiedergegebenen Versuchen habe ich Prismen verwandt, bei denen ausnahmslos $a = 26$ und $c = 45$ war. Nur die Länge von b wurde verschieden gewählt. Sie ist in der Tabelle unter der Rubrik b angegeben, wie gesagt, in a-Einheiten. Druckrichtung war c. Alle Prismen wurden gleich weit, und zwar um 1,000 zusammengepreßt. Beobachtet wurde durch bc und die Doppelberechnung wieder $\frac{1}{2}$ Stunde nach der Pressung gemessen.

Tabelle 4.

b	$\mu\mu$
0,38	600
0,70	800
1,0	900
1,2	1000
1,5	1000
1,8	900
2,2	1000
2,8	1000
3,1	1200

[1]) Angenommen ist dabei immer, daß man durch die gleiche Fläche bc beobachtet.

Unter den Wert von $b = 0{,}38$ konnte ich leider nicht heruntergehen, weil sich noch dünnere Prismen beim Druck zu leicht durchbogen. Aber auch so gibt die Tabelle ja die oben besprochenen Erscheinungen wieder.

Der Einfluß der Pressewand auf die Gleitung.

Alles bisherige gilt unter der Voraussetzung, daß die Gleitflächen, längs deren die Verschiebung geschieht, frei endigen. Anders ist es dagegen, wenn diese etwa an die Wand der Presse anstoßen. Denn wir hatten ja den Gleitplatten eine gewisse Starrheit zugeschrieben und infolgedessen müssen sie gestaut werden, wenn sie bei ihrer Bewegung gegen irgend ein Hemmnis stoßen. Daß dem tatsächlich so ist, kann man schon aus folgender Erscheinung schließen. Blickt man durch die ac-Fläche eines gepreßten Prismas zwischen gekreuzten Nikols hindurch, so bemerkt man, daß die oben besprochenen doppeltbrechenden Streifen besonders da breit und deutlich sind, wo sie gerade in die vier Ecken des Rechteckes laufen. In der Fig. 2 ist ihre Lage und Richtung durch die mit c bezeichneten Linien angegeben. Ihr Auftreten ist ohne weiteres verständlich, wenn wir uns vorstellen, daß die zwischen je $2c$ und der Druckfläche liegenden Gleitplatten durch die Presse so aufgehalten werden, daß sie beim Druck sich praktisch nicht bewegen können. Denn dann ist einleuchtend, daß an der Grenze zwischen den ruhenden und frei beweglichen Gleitplatten eine besonders starke Reibung und damit Doppelbrechung auftreten muß; d. h. die doppeltbrechenden Streifen müssen längs c besonders deutlich sein. Die Richtigkeit dieser Auffassung kann man noch auf andere Weise bekräftigen. Zieht man nämlich auf der ac-Fläche senkrecht zur Druckrichtung und in kurzen Abständen voneinander Linien und mißt deren Entfernung vor und nach der Pressung, dann stellt sich folgendes heraus:

Fig. 2.

Die Krystallmitte, d. h. der Teil, der in Fig. 2 zwischen den beiden mit P bezeichneten Durchkreuzungspunkten der c-Linie liegt, wird durch den Druck recht gleichmäßig verkürzt, die beiden Krystallenden dagegen nur sehr wenig. Tabelle 5 bringt hierfür den Beleg. Hierin ist unter 0 die Lage der einzelnen Linien vor dem Druck angegeben. KA und KE bezeichnen Krystallanfang resp. Ende, da aber auf sie nicht sehr scharf eingestellt werden konnte, sind sie in der weiteren Berechnung nicht berücksichtigt. 0 ist wiederum bis auf die dritte Dezimale bestimmt worden. In der Tabelle sind aber nur noch die ersten Dezimalen angeführt. Die Differenzen von 0 ergeben also die Entfernungen der Linien voneinander. Unter K stehen die Verkürzungen dieser Entfernungen durch den Druck und unter K_1 ebenfalls, nur diesmal ausgedrückt in Procenten der Gesamtverkürzung.

Tabelle 5.

Dimensionen: $c = 43$; $b = 27$; $a = 17$.

Beob. Fl.: ac. Dr.-R.: c.

$KA = 0$; $KE = 43,5$.

0	do	K	K_1
2,7			
	3,2	0,027	1
5,9			
	3,5	0,150	5
9,4			
	3,2	0,329	10
12,6			
	4,2	0,511	17
16,8			
	3,4	0,445	13
20,2			
	2,8	0,354	11
23,0			
	4,1	0,564	18
27,1			
	3,2	0,311	10
30,3			
	2,7	0,220	7
33,0			
	3,4	0,162	5
36,4			
	1,8	0,034	1
38,2			
	0,7	−0,018[1]	−1
38,9			
	1,8	0,052	2
40,7			
	1,3	0,011	1
42,0			

Trägt man 0 als Abscisse und K_1 als Ordinate auf, so erhält man das in Fig. 3 dargestellte Bild, d. h. eine Kurve, die am Anfang und Ende zwei Knickpunkte aufweist und sonst ziemlich geradlinig verläuft. Die Punkte P der Fig. 2 liegen für die gewählten Dimensionen bei $0 = 8,5$ und 35. In ihrer Nähe müssen nach dem früheren die beiden Knickpunkte liegen. Wie man sieht ist das auch der Fall. Die Starrheit der Gleitplatten ist auch unter Umständen auf das optische Verhalten der Krystalle von großem Einfluß. Preßt man nämlich ein Prisma, bei dem c, die Druckrichtungskante, sehr klein, d. h. wesentlich kleiner als a ist, und bei dem ferner a und b gleich groß sind, dessen ac-Fläche also die in Fig. 4 gezeichneten Größenverhältnisse zeigt, dann muß man in einem solchen Prisma die Doppelbrechung zu einem wesentlich höheren Betrag steigern können, als

Fig. 3.

Fig. 4.

1) Hier sind die Linien durch den Druck nicht näher aneinander gerückt, sondern haben sich sogar voneinander entfernt.

in einem bei dem c wie in den früheren Fällen größer als a und b ist. Denn jetzt enden ja die in der Fig. 4 durch die unter 45° verlaufenden Linien auch angedeuteten Gleitplatten in der Mehrzahl nicht frei, sondern stoßen gegen die Pressewand an. Sie können infolgedessen dem Druck nicht ausweichen. Dieser wird daher über den früheren Maximalwert P_0 hinauswachsen können und mit ihm erreicht auch die Doppelbrechung höhere Werte. Daß dem tatsächlich so ist, beweist die Tabelle 6, die im übrigen genau so angelegt ist wie 3, also ohne weiteres verständlich sein wird.

Tabelle 6.

Dimensionen: $a = 26$; $b = 28$.
$c = 14$. Dr.-R. $= c$.

d	$\mu\mu$
0,250	900
0,500	1000
0,750	1300
1,000	1600
1,250	1800
1,500	2000

Im Einklang mit unserer Theorie und im Gegensatz zu Tabelle 3 steigt also hier die Doppelbrechung mit der Verkürzung stetig an. Ich konnte d leider nicht über 1,500 steigern, weil für den dazu nötigen Druck meine Presse zu schwach war. Aber auch so ist der Endwert der Doppelbrechung schon dreimal so hoch als bei Tabelle 3. Dabei unterscheiden sich, um das noch einmal zu betonen, die in beiden Fällen benutzten Prismen nur durch die Länge von c und sind sonst ganz gleich. Noch eine andere Eigentümlichkeit weisen Prismen, bei denen c etwa gleich der Hälfte von a und b ist, auf. Sie zerspringen schon bei geringem Druck außerordentlich leicht parallel der Spaltbarkeit, und zwar treten meist zwei Spaltrisse gleichzeitig auf, die aufeinander senkrecht stehen und mitten durch den Krystall gehen, sodaß sie ihn in vier gleiche Quadranten zerlegen. Die Erklärung dafür ist nicht schwer, denn nach dem vorigen wird ja beim Pressen der Druck gewissermaßen auf die Gleitplatten, die nicht frei endigen, concentriert, weil sie ihm nicht ausweichen können. Die Presse wirkt infolgedessen ähnlich wie ein in der Mitte aufgesetztes Messer, d. h. sie spaltet das Krystall mitten durch. Wie man an der Fig. 4 unmittelbar ablesen kann, wird eine solche Spaltung dann am leichtesten eintreten, wenn c genau $= \frac{a}{2} = \frac{b}{2}$ ist; denn dann ist die dem Druck entgegenstehende Hemmung im wesentlichen beschränkt auf die beiden horizontal resp. vertical verlaufenden Halbierungslinien des Prismas. Solche Platten zerspringen tatsächlich am

leichtesten. Wird c nun noch kleiner als $\frac{a}{2}$ und $\frac{b}{2}$, dann verteilt sich der Druck wieder auf mehr Gleitplatten, und Prismen von derartigen Dimensionen, sind infolgedessen auch wieder druckbeständiger.

Druckfläche ist 001 und Beobachtungsfläche 110.

Um mich noch einmal zu vergewissern, daß die Druckdeformation in einer Steinsalzplatte tatsächlich nur längs der Rhombendodekaëderflächen erfolgt, habe ich ein Prisma untersucht, bei dem die Druckfläche 001 und die Beobachtungsfläche 110 war. Die Kanten der ersteren bezeichne ich wieder mit a und b, die der letzteren waren dann b und c, wobei außerdem die Bedingung erfüllt war, $c > b > a$. Nach den Ergebnissen des letzten Abschnittes kann man sofort sagen, daß bei einem solchen Prisma Verschiebungen längs der Rhombendodekaëderflächen ausgeschlossen sind, die parallel mit der Druckrichtung verlaufen; denn sie stoßen auf die Pressewand, enden also nicht frei. In Frage kommen für die Translation also nur 101, $01\bar{1}$, 011, $10\bar{1}$. In der Fig. 5 ist die Lage der Durchschnittslinien dieser vier Flächen mit der Beobachtungsfläche eingetragen. Da nach dem früheren die Translation immer in der Richtung von statten geht, in der das am leichtesten möglich ist, so wird sie auf der rechten Seite der Fig. 5 längs 101 und $01\bar{1}$ eintreten und auf der linken Seite längs 011 und $10\bar{1}$, wie auch die eingetragenen Pfeile andeuten sollen; denn auf der rechten Seite sind die nach 101 und $01\bar{1}$ geschnittenen Gleitplatten kürzer und deswegen leichter verschiebbar als die nach 011 und $10\bar{1}$ geschnittenen und auf der linken Seite ist es natürlich umgekehrt. Rechts beteiligen sich im allgemeinen an der Gleitung 101 und $01\bar{1}$ ziemlich gleich stark. Das folgt schon daraus, weil parallel zu beiden auf der Beobachtungsfläche beim Druck Translationsstreifung auftritt. Bei meinen Versuchen war diese Streifung immer recht scharf und deutlich, sodaß man auch den Winkel, den die beiden Liniensysteme miteinander bilden, messen konnte. Er betrug 110° in guter Übereinstimmung mit der Berechnung, die zu 109° 30′ führt.

Fig. 5.

Es kam nun gelegentlich auch vor, daß bei dem obigen Versuch Gleitung ausschließlich nach 101 stattfand, wie man an dem Auftreten nur der einen Streifung sehen konnte. Der Grund dafür waren wahrscheinlich irgend welche Besonderheiten der Druckfläche, über die ich vorläufig nichts genaueres angeben kann, die auch hier ganz unwesentlich sind. Solche Prismen waren mir aber außerordentlich wertvoll zur Ermittelung der Punktverschiebung auf der Rhombendodekaëderfläche. Aus vielen Ver-

Tabelle 7.

Pr.-D.: $c = 35$; $b = 32$; $a = 7{,}5$.

Dr.-R. $= c$ von $P = 1$ nach $P = 4$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	2,0	1,7	—0,169	+0,166	—1
2	6,7	1,8	—0,291	+0,288	—1
3	12,3	2,0	—0,584	+0,448	—1,3
4	17,7	2,0	—0,661	+0,483	—1,4
1^1	1,8	6,5	—0,130	+0,165	—0,8
2^1	6,6	6,6	—0,193	+0,184	—1
3^1	12,1	6,7	—0,484	+0,356	—1,4
4^1	17,5	6,8	—0,630	+0,424	—1,5
1^2	1,6	12,3	—0,010	+0,048	—0,2
2^2	6,5	12,4	—0,123	+0,116	—1
3^2	12,0	12,5	—0,290	+0,178	—1,6
4^2	17,1	12,6	—0,618	+0,331	—1,8
1^3	2,5	17,2	—	—	—
2^3	6,3	17,4	—0,052	+0,038	—1,4
3^3	11,7	17,5	—0,271	+0,053	—5
4^3	17,1	17,6	—0,584	+0,032	—18

suchen mit ihnen, will ich hier nur das Resultat von einem in der Tabelle 7, die außerdem in der Fig. 6 noch graphisch dargestellt ist, mitteilen. Als Bezugspunkt hatte ich in diesem Falle $P = 1^3$ gewählt, weil dieser ungefähr in der Mitte der Druckfläche liegt, d. h. auf Gleitplatten, die besonders stark gehemmt sind[1]).

Fig. 6.

Wie man sieht, haben alle dy negatives, alle dx positives Vorzeichen, d. h. alle Punkte bewegen sich beim Druck in bezug auf 1^3 nach vorwärts und nach außen. Die Plattenbreite nimmt also zu. Ferner sind dem absoluten Werte nach die dy bei 2—4 beträchtlich größer als bei 2^3—4^3. Das ist eine Bestätigung der früheren Resultate. Denn 2—4 liegen auf frei endigenden Gleitplatten, 2^3—4^3 dagegen nicht. Die ersteren müssen also beweglicher sein als die letzteren. Aus der Figur erkennt man sogleich, daß die acht Punkte 1—4^1 einander praktisch parallel laufen. Wenn wir

1) Aus dem gleichen Grunde habe ich bei Tabelle 2 $P = 1^1$ als Bezugspunkt gewählt.

annehmen, daß deren Verschiebung bedingt ist durch Gleitung längs $01\bar{1}$, und zwar wieder innerhalb dieser Fläche in Richtung der langen Diagonale, dann kann man $\frac{dy}{dx}$ auf 110 berechnen. Man kommt alsdann zu dem Ergebnis, daß $\frac{dy}{dx} = 1{,}4$ sein müßte. Für die obigen Punkte liefert das Experiment im Mittel 1,2. Es werden also die gemachten Annahmen recht gut durch den Versuch bestätigt. Dagegen scheinen die Bewegungen von 3^2 und 4^2 und erst recht nicht von 3^3 und 4^3 mit unserer Vorstellung zu stimmen, denn deren $\frac{dy}{dx}$ ist viel zu groß. Hier müssen wir aber bedenken, daß 3^2 und 4^2 schon nahe an, und 3^3 und 4^3 direct in der Krystallmitte liegen. Infolgedessen übt auf sie die Gleitfläche $10\bar{1}$, die für die Verschiebungen auf der linken Seite bestimmend ist, einen großen Einfluß aus. Die Folge davon muß sein, daß $\frac{dy}{dx}$ zu groß wird und speciell 3^3 und 4^3 müssen sich im Einklang mit dem Experiment parallel der Druckrichtung bewegen.

Druckfläche ist 210, Beobachtungsfläche 001.

Ich habe bisher damit gerechnet, daß Translation innerhalb der Rhombendodekaëderfläche nur in der Richtung der langen Diagonale stattfindet. Wie besonders der letzte Abschnitt gezeigt hat, erklärt diese Annahme die Versuchsergebnisse auch gut. Freilich habe ich den Druck bis jetzt immer nur auf die Würfelfläche ausgeübt. Wenn er in einer anderen Richtung wirkt, bleibt dann trotzdem die lange Diagonale Translationsrichtung?

Um diese Frage zu beantworten, habe ich ein so orientiertes Prisma geschnitten, daß Druckfläche 210, Beobachtungsfläche 001 und die Seitenflächen $\bar{1}20$ resp. $1\bar{2}0$ waren. Im übrigen war wieder $c > b > a$; c fiel mit der Druckrichtung zusammen und a und b waren Druckflächenkanten. Ich habe gerade diese Versuchsanordnung gewählt, weil in einem solchen Prisma die eintretenden Gleitungen sehr einfach und leicht zu überblicken sind. Denn wenn wir uns jetzt wieder den Krystall nach den Rhombendodekaëderflächen zerschnitten denken, dann sieht man sofort, daß die Gleitflächen parallel 101 und $\bar{1}01$ besonders kurz sind, sehr viel kürzer als alle übrigen. Daraus folgt, daß bei langsamem Anziehen der Schraube ausschließlich diese beiden Ebenen bei der Translation in Wirksamkeit treten werden. Den experimentellen Nachweis dafür bringt schon die Translationsstreifung. Da ja die Durchschnitte von 101 und $\bar{1}01$ mit 001 einander parallel laufen, so zeigt sich beim Pressen nur ein System paralleler Linien und nicht wie früher einmal zwei sich durchkreuzende. Die Linien bilden

ferner genau so wie das die Rechnung verlangt, mit c einen Winkel von 67° 30′. Die Translation kommt also nur durch 101 und $\bar{1}01$ zustande. Die eben erwähnte Streifung, deren Richtung übrigens in der Fig. 7 schematisch eingetragen ist, weist noch eine Eigentümlichkeit auf. Sie ist nämlich sehr stark und deutlich in der Krystallmitte, während die beiden mit b bezeichneten Ecken ziemlich frei davon sind. Man muß daraus schließen, daß in den b-Ecken nur sehr geringe Translation stattgefunden hat und das ist eigentlich auch von vornherein zu erwarten, denn die diese Ecken ausfüllenden Gleitplatten stoßen alle mehr oder weniger — umsomehr, je näher sie an b liegen — an die Pressewand an, werden also in ihrer Bewegung gehemmt. Um für diese Erscheinung auch den zahlenmäßigen Beleg zu bringen, habe ich, wie schon früher einmal, senkrecht zur Druckrichtung in kurzen Abständen auf der Beobachtungsfläche Striche gezogen

Fig. 7.

Fig. 8.

und deren Entfernung voneinander längs den mit L und L_1 bezeichneten Linien vor und nach dem Druck gemessen. Das Resultat davon ist in Tabelle 8 mitgeteilt. Die Bezeichnungen sind die gleichen wie in Tabelle 5,

Tabelle 8.

Pr.-D.: $c = 47$; $b = 23$; $a = 15$. c = Dr.-R. $KA = 0$; $KE = 47$.

$o(L)$	$do(L)$	$K(L)$	$K_1(L)$	$o(L_1)$	$do(L_1)$	$K(L_1)$	$K_1(L_1)$
2,1				2,4			
	5,4	0,217	16		5,8	0,093	6
7,5				8,2			
	5,7	0,274	19		5,6	0,059	4
13,2				13,8			
	7,2	0,333	23		7,3	0,376	23
20,4				21,1			
	6,5	0,292	20		6,3	0,325	20
26,9				27,4			
	6,6	0,179	13		6,3	0,354	21
33,5				33,7			
	5,7	0,109	8		5,6	0,213	13
39,2				39,3			
	3,9	0,006	0		4,1	0,153	9
43,1				43,4			
	3,5	0,010	1		3,7	0,071	4
46,6				47,1			

nur ist diesmal in Klammern ein L resp. L_1 zugefügt, um anzugeben, auf welche der beiden Linien sich die betreffende Messung bezieht. Bemerkt sei noch, daß L_1 von $1\bar{2}0$ um 2,1 entfernt war und L von $\bar{1}20$ um 2,8. In der zugehörigen Fig. 8 beziehen sich die ⊙ auf L und die $\times$ auf L_1. Im übrigen ist sie ebenso wie Fig. 3 erhalten.

Am deutlichsten sieht man wohl aus der Figur, daß L und L_1 in den entsprechenden b-Ecken nur eine sehr geringe Verkürzung durch den Druck erfahren haben. Denn die ⊙-Kurve läuft bei KE zuerst fast horizontal und biegt dann steil nach unten um, während es bei der $\times$-Kurve gerade umgekehrt ist. Der Versuch bestätigt also den schon aus der Streifung gezogenen Schluß.

Ich gehe nun zur Entscheidung der Frage über, wie sich denn die einzelnen Punkte auf der Würfelfläche gegeneinander verschieben. Wenn wir zunächst wieder annehmen, daß die Gleitung längs der langen Rhombendodekaëderdiagonale geschieht, dann müßten wir erwarten, daß die Punkte in der Projection auf die beobachtete Würfelfläche sich senkrecht zum Verlauf der Translationsstreifung bewegten, d. h., daß ihre Verschiebungsrichtung mit der Druckrichtung einen Winkel von 22° 30′ einschlösse. Das Experiment, das ich genau so wie die früheren ausführte, bestätigte diese Erwartung nicht. Bei dem in Tabelle 9 wiedergegebenen Versuch lagen die beobachteten Punkte nicht in einer Krystallecke, sondern mehr in der Mitte des Krystalles. Als Coordinatenanfangspunkt wurde aber die Ecke beibehalten und als Bezugspunkt $P = 1$ gewählt. In der die Tabelle 9 erläuternden Fig. 9 ist auch die Translationsstreifung zur leichteren Orientierung noch eingetragen. Die Punkte 1, 1^2 und 1^3 sind weggelassen, weil sie sich durch den Druck zu wenig verschieben.

Fig. 9.

Tabelle 9.

Pr.-D.: $a = 16$; $b = 28,5$; $c = 50 =$ Dr.-R.

Dr.-R.: $4 \longrightarrow 1$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	16,9	1,7	—	—	—
2	23,6	1,7	−0,221	−0,044	+ 5
3	29,4	1,7	−0,622	−0,044	+14
4	34,5	1,7	−0,857	−0,047	+18

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2^1	23,7	5,4	−0,362	−0,067	+ 5,4
3^1	29,4	5,4	−0,752	−0,065	+12
4^1	34,6	5,4	−0,928	−0,030	+31
2^2	23,9	9,3	−0,502	−0,093	+ 5,5
3^2	29,6	9,2	−0,878	−0,086	+10
4^2	34,6	9,1	−1,024	−0,055	+20
2^3	24,1	15,2	−0,733	−0,072	+10
3^3	29,7	15,1	−0,970	−0,073	+13
4^3	34,7	15,0	−1,133	−0,052	+22

Wäre wirklich die lange Rhombendodekaëderdiagonale die einzige Translationsrichtung, dann müßte $\frac{dy}{dx} = 2$ sein. Tatsächlich ist es aber für alle Punkte sehr viel größer, diese bewegen sich der Druckrichtung praktisch parallel. Daraus muß man schließen, daß in der Rhombendodekaëderfläche außer der bisher angenommenen einen Gleitrichtung noch andere möglich sind. Die einfachste Annahme wäre nun die, daß auch in Richtung der kurzen Diagonale Verschiebungen eintreten können, man könnte aber auch annehmen, daß noch mehr Translationsrichtungen existieren. Welcher von den beiden Fällen hier zutrifft, das ist vorläufig nicht zu entscheiden, ist aber auch nebensächlich, denn sie laufen im Effecte auf das Gleiche hinaus, da ja ein Punkt, der auf einer Ebene in zwei zueinander senkrechten Richtungen gleitet, jede beliebige Bewegungsrichtung einschlagen kann, sich also genau so verhält, wie ein überhaupt frei beweglicher Punkt.

Nehmen wir nun einmal für einen Augenblick an, die Translation ginge in der Rhombendodekaëderfläche nach allen Richtungen gleich gut vonstatten, dann kann man berechnen, wie sich unter dieser Voraussetzung und bei der obigen Versuchsanordnung die Punkte gegeneinander bewegen müßten. Man kommt dann zu dem Schluß, daß sie sich verschieben im Sinne des in der Fig. 10 punctierten Pfeiles, der mit der Druckrichtung einen Winkel von 19° 25′ und mit der Translationsstreifung einen von 45° 5′, einschließt. Zugleich erkennt man aus der Figur, daß die wirklich beobachtete Translation sozusagen einen Mittelfall darstellt, zwischen der jetzt eben und der früher gemachten Annahme einer Bewegung nur längs der langen Diogonale, denn diese letztere bildet ja mit der Druckrichtung einen Winkel von 26° 30′ und steht senkrecht auf der Streifung — sie ist in der Figur durch den gestrichelten Pfeil angegeben — während

Fig. 10.

die beobachtete Bewegung mit der Druckrichtung zusammenfällt, also den Winkel den die beiden Pfeile miteinander bilden fast halbiert. Daraus kann man den sicheren Schluß ziehen, daß beim Steinsalz Translation in verschiedenen Richtungen des Rhombendodekaëders möglich ist und daß sie besonders leicht längs der langen Diagonale eintritt.

Hier will ich nur nebenbei noch folgendes bemerken: Macht man die freilich durch nichts beweisbare Annahme, daß die Gleitbarkeit von dem maximalen Wert in Richtung der langen Diagonale geradlinig herabsinkt zu dem minimalen in Richtung der kurzen, dann kann man aus den obigen Daten, auch das Verhältnis der Gleitfähigkeit längs der langen und kurzen Diagonale berechnen. Ich will den Gang der Rechnung hier nicht wiedergeben, da sie ja, wie gesagt, auf unsicheren Füßen steht, sondern nur ihr Resultat. Es ergibt sich, daß die Gleitung längs der langen Diagonale etwa zweimal so leicht vonstatten geht, als längs der kurzen.

Ich habe nunmehr die Punktbewegungen nicht in der Mitte, sondern in der einen Ecke eines Prismas, und zwar in einer, die in Fig. 7 mit a bezeichnet ist, also von Translationsstreifung durchzogen war, ins Auge gefaßt. Die Platte selbst war genau so orientiert, wie die zuletzt beschriebene. Die Versuchsresultate sind in der Tabelle 10 und Fig. 11 angegeben. Bezugspunkt ist $P = 1^3$, weil der in diesem Falle am unbeweglichsten ist. 1, 1^1, 1^2 sind aus den gleichen Gründen wie das letzte Mal weggelassen.

Tabelle 10.

Pr.-D.: c = Dr.-R. = 45; b = 37; a = 12. Dr.-R. 4 ⟶ 1.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	5,7	1,8	−0,220	−0,132	+1,7
3	10,1	2,0	−0,432	−0,169	+2,5
4	15,5	2,2	−0,690	−0,204	+3,4
2^1	5,6	5,0	−0,153	−0,124	+1,3
3^1	10,0	5,2	−0,361	−0,111	+3,3
4^1	15,4	5,4	−0,603	−0,155	+4,0
2^2	5,4	8,6	−0,072	−0,062	+1,2
3^2	9,8	8,8	−0,283	−0,106	+2,8
4^2	15,2	9,1	−0,513	−0,147	+3,6
1^3	0,8	13,6	—	—	—
2^3	5,2	13,8	−0,015	−0,027	+0,5
3^3	9,6	14,1	−0,200	−0,090	+2,2
4^3	15,0	14,3	−0,374	−0,138	+3,0

Daran anschließend teilte ich auch gleich Tabelle 11 mit — zu ihr gehört Fig. 12 — in der die b-Ecke (siehe Fig. 7) beobachtet ist. Bezugspunkt ist aus analogen Gründen wie früher $P = 1$.

Tabelle 11.

Pr.-D.: $c = 50$; $b = 29$; $a = 16$.

Dr.-R. $= c = 4 \longrightarrow 1$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	1,9	1,7	—	—	—
2	6,0	1,6	−0,014	−0,020	+0,7
3	9,8	1,6	−0,119	−0,041	+2,9
4	15,0	1,4	−0,293	−0,113	+2,6
2^1	6,0	5,3	−0,052	−0,015	+3,5
3^1	10,0	5,2	−0,168	−0,074	+2,3
4^1	15,1	5,0	−0,360	−0,132	+2,8
2^2	6,1	10,1	−0,144	−0,055	+2,6
3^2	10,1	10,0	−0,243	−0,155	+2,2
4^2	15,2	9,7	−0,439	−0,169	+2,7
2^3	6,2	14,5	−0,197	−0,102	+1,9
3^3	10,2	14,3	−0,342	−0,171	+2,0
4^3	15,3	14,2	−0,529	−0,230	+2,3

Fig. 11.

Fig. 12.

Bei Tabelle 10 und ebenso bei 11 ist also $\frac{dy}{dx}$ im Durchschnitt etwa gleich 3. D. h. die Punkte bewegen sich nicht mehr, wie man nach den Erfahrungen von Tabelle 9 hätte vermuten können, parallel zur Druckrichtung, sondern bilden einen Winkel mit ihr. Dieses Resultat ist aber nicht mehr überraschend, wenn wir bedenken, daß ein großer Teil der in den zwei obigen Fällen beobachteten Punkte auf Gleitplatten liegen, die

mit ihrem einen — nach der Ecke zu liegenden — Ende wider die Pressewand stoßen. Dort werden sie also gehemmt und infolgedessen aus ihrer Bewegungsrichtung herausgedrängt. Aus den beigegebenen Figuren kann man ohne weiteres ablesen, daß die auf diese Weise zustande kommende Ablenkung der Punkte sie in eine Richtung hineindrängt, die etwa senkrecht zur Translationsstreifung steht. Wie man an den Pfeilen, die die tatsächliche Bewegung angeben, sieht, ist das ja auch der Fall.

Die Ablenkung wird nun zwar nur durch die gehemmten Gleitplatten verursacht, die Bewegung der unmittelbar über ihnen liegenden freien wird aber natürlich auch noch durch sie beeinflußt. Infolgedessen ist auch bei diesen freien Gleitplatten der Wert von $\frac{dy}{dx}$ noch kleiner als in Tabelle 9. $\frac{dy}{dx}$ steigt eben allmählich um so mehr, je weiter wir uns vom Krystallende entfernen. Man kann das übrigens an Tabelle 10 und 11 auch schon erkennen.

Wenn wir uns jetzt — in stark übertriebener Form natürlich — noch einmal die Deformation, die das eben besprochene Prisma erfährt, aufzeichnen, so kommen wir zu einem Bild, wie es Fig. 13 zeigt. Die ausgezogenen Linien stellen das ungedrückte, die gestrichelten das gedrückte Prisma dar. An der a-Ecke findet also eine Einbuchtung, an der b-Ecke eine Ausbuchtung, statt. Da nun nach der Tabelle und Fig. 8 die Deformationen in der a-Ecke aus bekannten Gründen dem absoluten Betrage nach sehr viel stärker sind als in der b-Ecke, so folgt daraus, daß das Prisma auf der einen Seite stärker eingebuchtet, als auf der anderen ausgebuchtet wird. Daraus muß man schließen, daß durch den Druck die Krystallplatte nicht nur nicht breiter, sondern vielmehr schmäler wird. Der Versuch bestätigt diese Erwartung vollkommen. Wenn man eine Platte mit quadratischer Beobachtungsfläche deformiert, dann verhält sich die Verkürzung parallel der Druckrichtung zu der senkrecht dazu wie 12 : 1. Die Verschmälerung ist also zwar klein, aber doch deutlich nachweisbar.

Fig. 13.

Fig. 14.

KE $\bar{1}\bar{1}0$ $\bar{1}01$ $0\bar{1}1$ m 011 101 a KA 110

Druckfläche ist 110 und Beobachtungsfläche 001.

Für diesen Fall, in dem Druckfläche 110 und Beobachtungsfläche 001 ist, kann man a priori sagen, daß wirksame Gleitflächen 101, $0\bar{1}1$, 011,

$\bar{1}01$ sein werden. Ihr Durchschnitt mit 001 ist in Fig. 14 aufgezeichnet. Untereinander schließen sie Winkel von 90° ein. Dementsprechend treten auch, freilich meist nur schwach, auf 001 zwei Streifensysteme auf, die mit der Druckrichtung einen Winkel von 45° bilden und senkrecht zueinander stehen. Aus den bei Fig. 5 angegebenen Gründen, werden für die rechte Seite der Fig. 14 nur die zwei Gleitflächen 101 und $0\bar{1}1$ in Frage kommen und für die linke nur 011 und $\bar{1}01$. Ferner findet, wenn man den Druck im Sinne des Pfeiles, d. h. von $\bar{1}\bar{1}0$ auf 110 zu ausübt, fast ausschließlich Gleitung längs $0\bar{1}1$ und $\bar{1}01$ statt. Nur wenn der Druck sehr stark wird, macht sich in den *KE*-Ecken auch Translation nach 101 und 011 bemerkbar. Warum das so ist, dafür kann ich einen bestimmten Grund vorläufig noch nicht angeben, aber daß es so ist, das habe ich bei meinen vielen Versuchen immer wieder bestätigt gefunden.

Ich habe nun genau so wie im letzten Kapitel die Punktverschiebungen zunächst in der Krystallmitte beobachtet. Die erhaltenen Zahlen sind in Tabelle 12 angegeben. Hier will ich gleich bemerken, daß beim Druck auf die Rhombendodekaëderfläche Deformationen sehr viel schwerer hervorzubringen sind, als wenn der Pyramidenwürfel, oder gar der Würfel, Druckflächen sind. Denn gegenüber einer auf 110 ausgeübten Pressung verhält sich das Steinsalz fast wie ein spröder Körper. Schon nach ziemlich geringer Beanspruchung zerspringen die Prismen. Daher kommt es, daß die absoluten Beträge von dy und dx diesmal recht klein und die $\frac{dy}{dx}$-Werte mit einem größeren Fehler behaftet sind, als früher. So viel kann man aber sicher aus den folgenden Versuchen schließen, daß die Randpunkte die Tendenz haben, sich mit der Druckrichtung, oder gar nach innen (negatives Vorzeichen) zu bewegen, die Punkte in der Mitte dagegen mehr nach außen streben.

Tabelle 12.

Pr.-D. $c = 64$; $b = 36$; $a = 10$; $c =$ Dr.-R. $= 4 \longrightarrow 1$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	20,1	1,3	—	—	—
3	30,0	1,2	−0,125	+0,020	− 6
4	35,2	1,1	−0,203	+0,017	−12
2^1	24,8	5,2	−0,015	−0,004	+ 4
3^1	30,0	5,2	−0,092	+0,018	− 5
4^1	35,2	5,1	−0,123	−0,034	+ 4
2^2	25,0	8,8	−0,077	−0,019	+ 4
3^2	30,1	8,8	−0,133	−0,027	+ 5
4^2	35,3	8,7	−0,175	−0,061	+ 3
2^3	25,1	13,0	−0,082	−0,059	+ 1,5

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
3^3	30,3	13,1	—0,197	—0,084	+ 2,3
4^3	35,4	13,0	—0,215	—0,067	+ 3,2

Daran anschließend teile ich gleich Versuche mit, bei denen in einer Ecke von KA beobachtet ist. Bezugspunkt $P = 1^3$.

Tabelle 13.

Pr.-D. $c = 36$; $b = 46$; $a = 7{,}5$; $c =$ Dr.-R. $4 \to 1$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	6,7	1,5	—0,069	—0,200	+ 0,4
3	11,5	1,5	—0,195	—0,221	+ 0,9
4	17,1	1,5	—0,377	—0,252	+ 1,5
2^1	6,7	5,7	—0,100	—0,125	+ 0,8
3^1	11,7	5,7	—0,251	—0,168	+ 1,6
4^1	17,2	5,7	—0,432	—0,166	+ 2,5
2^2	6,9	10,8	—0,138	—0,035	+ 4
3^2	11,8	10,9	—0,264	—0,081	+ 3,3
4^2	17,3	10,9	—0,459	—0,126	+ 3,7
1^3	1,6	15,7	—	—	—
3^3	12,0	15,7	—0,263	—0,018	+15
4^3	17,4	15,7	—0,420	—0,081	+ 5

Der Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden letzten Tabellen ist auffallend groß. Während sich bei 12 die Bewegungsrichtung der Punkte meist nicht viel von der Druckrichtung unterscheidet, gehen sie bei 13 sehr stark nach innen, sie werden derart verschoben, daß das Prisma schmäler werden muß. Die beiden Resultate lassen sich aber sehr schön miteinander in Einklang bringen, wenn wir zunächst einmal das Prisma uns nur nach den beiden Gleitflächen zerschnitten denken, die die Translation wirklich bewirken. Nach dem früheren müssen wir dann die rechte Seite nach $0\bar{1}1$ in Platten zerlegen und die linken nach $\bar{1}01$. Wir erhalten auf diese Weise Fig. 16. Die Zahlen der Tabelle 12 sind etwa an der mit m bezeichneten Stelle gewonnen, die von 13 an der Stelle a. Aus der Figur geht nun sofort hervor, warum sich die Punkte bei m anders verhalten wie bei a. Die die Krystallmitte durchziehenden Gleitplatten enden frei, sie können sich ungehindert bewegen und sie verursachen es, daß die auf ihr liegenden Punkte, die in Tabelle 12 angegebene Richtung einschlagen. Dagegen werden die Gleitplatten bei a durch die Pressewand aufgehalten und von ihr in ganz der gleichen Weise und in dem gleichen Sinne abgelenkt, wie in dem vorigen Abschnitt bei dem in Tabelle 10 behandelten Falle. Die Punkte müssen sich daher ebenso wie dort, nach

innen bewegen, und zwar in einer Richtung, die ungefähr senkrecht steht zur Durchschnittslinie von Gleitplatte und Beobachtungsfläche. Wie Fig. 15 zeigt, ist das ja ungefähr der Fall. Was ich hier für die a-Ecke ausgeführt habe, gilt natürlich in analoger Weise für a'. Auch an dieser Stelle muß daher eine starke Einbuchtung entstehen und die weitere Folge wird

Fig. 15.

Fig. 16.

sein, daß durch den Druck auf 110 die Prismenbreite verhältnismäßig viel mehr abnimmt als dann, wenn 120 Druckfläche ist. Einleuchtend ist auch, daß der absolute Betrag der Verschmälerung um so größer sein wird, je breiter das Prisma ist, denn um so mehr Gleitplatten werden ja dann abgelenkt; oder anders ausgedrückt: Das Verhältnis der procentualen Verschmälerung zur procentualen Verkürzung sollte constant sein, einerlei ob das Prisma nun breit oder schmal ist. Daß die Vermutung durch das Experiment bestätigt wird, beweist die folgende Tabelle. In ihr bezeichnet y die Plattenlänge ($\|$ Druckrichtung) x die Breite, beide sind in der Mitte gemessen, dy und dx geben die entsprechenden Verkürzungen an und durch die Berechnung von $\frac{dy}{y} : \frac{dx}{x}$, das ich $= v$ setzte, bekommt man das Verhältnis der procentualen Längen- zu der Breitenverminderung.

Tabelle 14.

y	x	dy	dx	v
21,0	43,7	0,362	0,311	2,4
29,9	30,9	0,648	0,230	2,9
29,6	21,3	1,012	0,231	3,1
43,2	26,2	0,544	0,129	2,5
45,2	20,8	0,776	0,138	2,6
41,0	16,4	0,919	0,121	3,0
42,2	13,2	0,843	0,076	3,4

Der recht constante Wert von v zeigt zudem, wie gleichartig die Punktbewegung in all den untersuchten Platten gewesen sein muß und wie wenig von Zufälligkeiten beeinflußt. Warum freilich für v gerade ungefähr 3 und keine andere Zahl herauskommt, das ist wohl sehr schwer abzuleiten, denn die Bewegungsrichtungen auf dem Prisma sind doch immerhin sehr mannigfaltige.

Druckfläche ist 011 und Beobachtungsfläche $01\bar{1}$.

Schließlich habe ich die durch einen Druck auf das Rhombendodekaëder verursachten Punktverschiebungen auf einer Rhombendodekaëderfläche beobachtet. Bezeichne ich die Druckfläche mit 011, dann ist $01\bar{1}$ Beobachtungsfläche und die vier in Betracht kommenden Gleitflächen tragen dann die Bezeichnung: 110, $\bar{1}10$, $\bar{1}0\bar{1}$ und $10\bar{1}$ (vergl. Fig. 17). Preßt man in der Richtung von 011 nach $0\bar{1}\bar{1}$, so wird nach den Erfahrungen des letzten Abschnittes die Gleitung auf der rechten Plattenseite nur durch $\bar{1}10$, auf der linken nur durch 110 bewirkt. Ich habe nun zwei Versuchsreihen aufgenommen, eine wo etwa an der Stelle m (Tabelle 15) und eine andere wo bei a (Tabelle 16) beobachtet wurde.

Tabelle 15.

Pr.-D. $c = 53$; $b = 32$; $a = 10$; $c =$ Dr.-R. $= 4 \rightarrow 1$. Bez. $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	24,0	1,7	−0,102	+0,250	−0,40
3	30,2	1,7	−0,133	+0,214	−0,60
4	34,7	1,6	−0,128	+0,202	−0,64
2^1	24,0	7,0	−0,077	+0,164	−0,48
3^1	30,2	7,0	−0,108	+0,201	−0,50
4^1	34,8	6,9	−0,160	+0,184	−0,89
2^2	24,0	11,5	−0,070	+0,106	−0,70
3^2	30,2	11,4	−0,114	+0,123	−0,95
4^2	34,9	11,2	−0,160	+0,130	−1,2
1^3	17,3	16,8	—	—	—
2^3	24,0	16,5	−0,049	−0,004	+12
3^3	30,2	16,4	−0,105	+0,018	− 6
4^3	34,9	16,2	−0,158	+0,024	− 6

Tabelle 16.

Pr.-D. $c = 52$; $b = 42$; $a = 8$; $c =$ Dr.-R. $= 4 \rightarrow 1$. Bez.: $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	6,0	1,8	−0,106	+0,286	−0,37
3	10,9	1,7	−0,191	+0,386	−0,50
4	16,1	1,6	−0,216	+0,441	−0,50
2^1	6,0	7,1	−0,034	+0,217	−0,16

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
3^1	11,0	7,0	−0,136	+0,280	−0,50
4^1	16,1	6,9	−0,178	+0,335	−0,52
2^2	6,1	13,1	−0,005	+0,120	−0,04
3^2	11,0	13,0	−0,085	+0,150	−0,56
4^2	16,2	12,8	−0,155	+0,188	−0,81
1^3	1,5	19,2	—	--	—
2^3	6,0	19,2	−0,025	+0,042	−0,60
3^3	11,0	19,0	−0,085	+0,068	−1,3
4^3	16,2	18,9	−0,108	+0,140	−0,72

Daß in Tabelle 15 $\frac{dy}{dx}$ für 2^3—4^3 verhältnismäßig groß ist, erklärt sich in der gleichen Weise wie früher bei Tabelle 7. Im übrigen sind gerade die kleinen $\frac{dy}{dx}$-Zahlen bei den letzten Ergebnissen besonders auffallend, denn sie übersteigen meist nicht 0,5 und sind oft sogar noch niedriger. Doch auch das Resultat war eigentlich nach dem letzten Abschnitt zu erwarten. Denn nach dem letzten Abschnitt werden ja durch den Druck auf 011 die Seitenflächen unseres Prismas 100 und $\bar{1}00$ schmäler, und da die Deformation keine Volumverminderung mit sich bringt, das specifische Gewicht vielmehr constant bleibt[1]), so muß daher $01\bar{1}$ beim Pressen sehr viel breiter werden. Mit anderen Worten, $\frac{dy}{dx}$ muß in unserem Falle klein sein, und zwar da um so kleiner, wo die Verkürzung der Seitenfläche 100 um so stärker ist. Diese tritt nun, wie wir vorhin gesehen haben, vornehmlich am Krystallende ein. Es steht damit im Einklang, daß in Tabelle 16 $\frac{dy}{dx}$ im allgemeinen noch tiefer als in 15 liegt und einmal sogar bis zu 0,04 herabsinkt. In Worten heißt das, daß an solchen Stellen, die Punkte sich direct senkrecht zur Druckrichtung nach außen bewegen. Daraus folgt ohne weiteres, daß beim Druck an die Festigkeit der eben betrachteten Prismen in der Querrichtung besonders hohe Anforderungen gestellt werden, und es ist verständlich, wenn sie sehr leicht parallel mit der Druckrichtung und Spaltbarkeit Sprünge bekommen. Diese Sprünge treten tatsächlich so leicht auf, daß es schwer war, die obigen Versuche durchzuführen. Sehr viele Platten sind mir, als ich kaum die Presse etwas angezogen hatte, schon zersprungen, und zwar besonders dann, wenn sie ziemlich lang waren.

---

1) Vergl. Rinne, diese Zeitschr. 1912, **50**, 259.

Die optischen Erscheinungen an den gedrückten Prismen.

In einem gepreßten Steinsalzprisma, bei dem 210 Druckfläche ist, fällt bekanntlich die Druckrichtung mit der Auslöschungsrichtung nicht zusammen, sondern bildet mit ihr einen Winkel von mehreren Grad. Warum das so ist, wurde seinerzeit von Pockels[1]) näher untersucht und erklärt. Wenn man aber auch das Prisma nun so stellt, daß seine Mitte zwischen gekreuzten Nicols dunkel erscheint, so bleiben trotzdem seine Ecken hell. Besonders trifft das zu für die in Fig. 18 mit *a* bezeichneten Ecken. Unmittelbar von diesen geht deutlich ein doppeltbrechender Streifen aus, der etwa parallel mit der Translationsstreifung nach der Mitte des Krystalles zu verläuft und dort allmählich verblaßt. Aber auch die *b*-Ecken erscheinen hell, nur ist da die ganze Erscheinung etwas weniger ausgesprochen.

Fig. 17.

Fig. 18.

Noch besser kann man diese Anomalien am Krystallende dann beobachten, wenn man ein Gypsblättchen einschaltet und nun das Prisma so stellt, daß die Druckrichtung streng parallel mit der Schwingungsrichtung des einen Nicols verläuft. Die Mitte des Krystalles erscheint dann noch, da die Auslöschungsrichtung immerhin nur einen sehr spitzen Winkel mit der Druckrichtung bildet, rot, die *a*-Ecken zeigen dagegen blau (zweiter Ordnung) und die *b*-Ecken gelb (erster Ordnung). Dreht man das Prisma, sodaß der größte Beobachtungsexponent des Gypses $\perp$ zur Druckrichtung und die Nicols unter 45⁰ geneigt zu ihr stehen, dann erscheinen die *a*-Ecken grün (zweiter Ordnung), die *b*-Ecken rot (erster Ordnung), während die Krystallmitte blau (zweiter Ordnung) ist. Bemerken will ich hier noch, daß man diese ganze Erscheinung nur scharf und einwandfrei bekommt,

1) Pockels, Lehrbuch der Krystalloptik, Leipzig 1906.

wenn die Platten sehr sorgfältig geschliffen und die Druckflächen einander wirklich parallel sind. Vorteilhaft ist auch, wenn man möglichst breite Prismen verwendet, denn dann machen sich etwaige Fehler am wenigsten bemerkbar. Aus den obigen Angaben folgt nun, daß für die obigen Streifen der *a*-Ecken der größere Brechungsexponent parallel zu ihrem eigenen Verlauf und zur Translationsstreifung liegt. Bei den doppeltbrechenden Flecken in den *b*-Ecken ist es dagegen umgekehrt, bei ihnen liegt der größere Brechungsexponent senkrecht zur Translationsstreifung. Schematisch ist das Resultat in Fig. 18 dargestellt, wo die gestrichelten Linien die jeweilige Lage des größeren Brechungsexponenten angeben. Ohne weiteres ist einleuchtend, daß diese optischen Eigentümlichkeiten der gepreßten Platte in engem Zusammenhang stehen mit den durch den Druck verursachten mechanischen Deformationen. Zunächst die doppeltbrechenden Streifen der *a*-Ecken! Sie treten gerade da auf, wo nach den früheren Erfahrungen eine besondere starke Reibung in dem Prisma stattgefunden haben muß. Denn die zwischen den *a*-Linien der Fig. 18 und den Druckflächen am Anfang und Ende liegenden Gleitplatten sind ja gehemmt, die in der Mitte konnten sich dagegen frei bewegen. Daher werden die Gleitplatten sich relativ am stärksten da gegeneinander verschieben, wo die freien und die durch die Druckfläche aufgehaltenen Platten aneinander grenzen. In der Projection auf die Beobachtungsfläche heißt das längs der beiden *a*-Linien Mit ihnen muß daher auch ein Streifen starker Doppelbrechung zusammenfallen. Es ist das hier ebenso wie bei Prismen, bei denen der Druck auf 100 ausgeübt wird, und bei denen die auf *ac* beobachteten Streifen gerade da besonders deutlich sind, wo sie in die Ecken laufen. Auch die Lage des größeren Brechungsexponenten wird jetzt verständlich; denn wenn ich eine Platte über eine feste Unterlage hinwegschiebe, dann ist klar, daß sie bei genügender Reibung in ihrer Bewegungsrichtung comprimiert wird. Nicht anders ist das in unserem Falle bei dem Steinsalz. Infolgedessen müssen in der Projection auf die Beobachtungsfläche 001 die Gleitplatten senkrecht zur Translationsstreifung comprimiert werden. Da nun das Steinsalz durch Druck negativ doppeltbrechend wird, d. h. der größere Brechungsexponent senkrecht zur Druckrichtung liegt, so muß bei den *a*-Streifen der größere Brechungsexponent parallel zur Translationsstreifung stehen. Bei den *b*-Ecken liegt der Fall gerade umgekehrt, denn hier wird die Doppelbrechung nicht durch die freien, sondern durch die gehemmten Platten erzeugt, d. h. nicht durch die verschobenen, sondern durch die Unterlage, über die hinweg die Verschiebung stattfand. Diese wird natürlich hierbei in der Bewegungsrichtung dilatiert und in der gleichen Weise wie oben folgt daraus, daß in den *b*-Ecken der größere Brechungsexponent senkrecht zur Translationsstreifung steht. Diese Überlegung führt uns also zu dem gleichen Resultat wie das Experiment.

Ich will nun noch den Fall, daß 110 Druckfläche und 001 Beobachtungsfläche ist, kurz behandeln. Ich habe schon hervorgehoben, daß durch Druck auf eine Rhombendodekaëderfläche das Steinsalz viel schwerer deformiert wird, als wenn man den Krystall nach einer Würfelfläche zusammenpreßt. Der Grund dafür ist sehr einfach. Im ersten Falle werden die Gleitplatten unter einem für eine Verschiebung viel ungünstigeren Winkel getroffen, als in dem letzteren. Infolgedessen ist auch die erreichbare Doppelbrechung in dem Falle, daß 110 Druckfläche ist, sehr viel größer als in dem früheren, wo es 001 war. Ein Vergleich der folgenden Tabelle 17 mit 3 zeigt das deutlich.

Tabelle 17.

Pr.-D. $c = 42,5 =$ Dr.-R.; $b = 32,2$; $a = 9,0$; Dr.-Fl. $ab = 110$.

d	$\mu\mu$
0,500	600
0,750	800
1,000	800
1,250	1000
1,500	1200
1,750	1200
2,000	1300

$\mu\mu$ steigt also in 17 zu ungefähr dem doppelten Wert wie in 3 an, obwohl a in 17 nur 9 in 3 dagegen 20 beträgt. Noch ein anderer charakteristischer Unterschied besteht zwischen den beiden Versuchsreihen. Der von einer weiteren Plattenverkürzung unabhängige Endwert wird in Tabelle 17 sehr viel langsamer erreicht als in 3. Es kommt darin offenbar die schon aus den Punktverschiebungen folgende Tatsache zum Ausdruck, daß beim Druck auf eine Rhombendodekaëderfläche der ursprüngliche Krystallbau viel stärker gestört und verändert wird, als wenn man auf die Würfelfläche preßt.

Fig. 19.

KE

KA

Ähnlich wie in dem Falle, wo 210 Druckfläche war, erscheint ein nach 110 gepreßtes Prisma an den Enden zwischen gekreuzten Nicols auch dann noch hell, wenn die Druckrichtung zu der Schwingungsrichtung parallel bzw. senkrecht steht, d. h. wenn die Krystallmitte dunkel ist. Die Art der Erscheinung ist in Fig. 19 schematisch angedeutet. Unter einem Winkel von 45° gehen besonders von den beiden KE-Ecken doppeltbrechende Streifen nach dem Innern zu aus und verlaufen etwa — allmählich an Intensität ab-, an Breite aber zunehmend — bis in die Krystallmitte. Preßt man stark, dann zeigt sich das gleiche auch bei KA. Der größere

Brechungsexponent geht ihrer Längserstreckung parallel. Die gestrichelten Linien in der Figur sollen das andeuten. Die Erklärung für diese optischen Anomalien ist ganz die gleiche wie vorhin. Längs der vier Strichlinien grenzen ja die freien und die gehemmten Gleitplatten aneinander. Infolgedessen tritt an diesen Stellen starke Reibung und Doppelbrechung auf und, da die Bewegung der freien Gleitplatten im Sinne der Pfeile, d. h. senkrecht zu den Linien erfolgt, so muß der größere Brechungsexponent parallel zu ihnen liegen.

Ich habe schließlich auch noch Prismen, bei denen Druck- und Beobachtungsfläche Rhombendodekaëderflächen waren, optisch untersucht. Es zeigten sich natürlich auch hier wieder die optischen Anomalien, aber undeutlich. Ich will deshalb auf Einzelheiten nicht eingehen und nur von ihnen erwähnen, daß sie die obigen Resultate bestätigen.

III. Beobachtungen am Sylvin.

Da, wie Mügge nachgewiesen hat, bei dem Sylvin ebenfalls 110 Gleitfläche ist, so konnte ich erwarten, daß er sich bei meinem Versuchen ähnlich wie das Steinsalz verhalten werde. Das hat sich auch durchaus bestätigt. Trotzdem weichen aber die nun folgenden Resultate von denen beim *NaCl* erhaltenen in gewissen Punkten ab und beweisen, daß ungeachtet aller Ähnlichkeit Sylvin und Steinsalz in ihrer Translationsfähigkeit nicht ganz gleich zu setzen sind. Schon gleich aus dem ersten Versuch geht das hervor. Ich habe da ein Prisma zusammengepreßt, bei dem $c = 48$, $b = 39$, $a = 19$, $c =$ Dr.-R., $ab =$ Dr.-Fl. $= 100$, $bc =$ Beob.-Fl. $= 001$ waren. Bei einem Steinsalzprisma von diesen Dimensionen wäre trotz starker Verkürzung von c seine Breite b vollkommen constant geblieben. Bei dem Sylvin ist das anders, da nimmt b beim Pressen zu, und zwar wuchs es bei der oben beschriebenen Platte um 0,500, als ich c um 2,800 verkleinerte. An einem zweiten Prisma habe ich die Punktverschiebungen auf 001 beobachtet. Das Resultat ist in der nächsten Tabelle angegeben.

Tabelle 18.

Pr.-D. $c =$ Dr.-R. $= 46$; $b = 43$; $a = 12$; $bc = 001 =$ Beob.-Fl. $ab = 100 =$ Dr.-Fl.
Bez. $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	1,6	1,6	−0,086	−0,025	+ 3,4
2	7,4	1,8	−0,128	−0,010	+ 1,3
3	13,3	1,7	−0,492	+0,018	−27
4	21,0	1,6	−0,947	−0,025	+38
1^1	1,6	6,5	−0,092	−0,031	+ 3
2^1	7,4	6,6	−0,165	−0,052	+ 3,2
3^1	13,2	6,6	−0,490	−0,052	+ 9,4

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
4^1	21,0	6,4	—1,033	—0,073	+14,1
2^2	7,4	13,4	—0,180	—0,005	+36
3^2	13,2	13,4	—0,525	—0,050	+10,5
4^2	20,9	13,3	—0,986	—0,049	+20,1
1^3	1,8	18,1	—	—	—
2^3	7,4	18,3	—0,226	—0,010	+22,6
3^3	13,2	18,3	—0,542	—0,010	+54,2
4^3	20,8	18,3	—0,987	—0,036	+27,4

Wie man sieht, bewegen sich die Punkte der Druckrichtung praktisch parallel, also genau wie beim Steinsalz (Tabelle 1). Auch die folgende Tabelle bei der *ac* Beobachtungsfläche ist, stimmt in ihren Resultaten mit den beim *NaCl* erhaltenen (Tabelle 2) überein.

Tabelle 19.

Pr.-D. c = Dr.-R. = 58; b = 32; a = 14; ac = Beob.-Fl. Bez. $P = 1^1$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	1,8	1,9	—0,026	+0,002	—13
2	9,2	2,0	—0,048	+0,006	— 8
3	15,7	2,1	—0,129	—0,068	+ 1,9
4	21,8	2,2	—0,257	—0,171	+ 1,5
1^1	1,8	8,0	—	—	—
2^1	9,4	8,2	—0,084	—0,033	+ 2,5
3^1	15,8	8,4	—0,240	—0,160	+ 1,5
4^1	21,9	8,6	—0,335	—0,210	+ 1,6
1^2	1,8	11,4	—0,022	—0,033	+ 0,7
2^2	9,4	11,6	—0,166	—0,133	+ 1,3
3^2	15,8	12,0	—0,322	—0,210	+ 1,5
4^2	21,9	12,2	—0,383	—0,255	+ 1,5

Hieraus muß man den Schluß ziehen, daß nach den Punktverschiebungen zu urteilen *NaCl* und *KCl* vollkommen gleich sind. Prüft man aber schärfer, indem man, wie ich das im Anfang erwähnte, den Einfluß des Druckes auf die Plattenbreite verfolgt, dann zeigen sich die schon hervorgehobenen Unterschiede. Man muß dadurch auf den Gedanken kommen, daß beim Sylvin nicht nur längs den *b*-, sondern auch den *a*-Flächen Translation stattfindet. Diese Vermutung wird durch den optischen Befund bestätigt. Denn wenn man durch die *bc*-Fläche einer gedrückten Sylvinplatte zwischen gekreuzten Nicols und in Parallelstellung hindurchsieht, dann erscheint sie nicht dunkel, wie beim Steinsalz, sondern ist von allerdings schwachen, doppeltbrechenden Streifen durchzogen, die mit der Druckrichtung 45° einschließen. Daraus

folgt, daß auch die a-Flächen sich bei der Translation beteiligt haben, allerdings so schwach, daß das in der Tabelle 18 nicht zum Ausdruck gekommen ist. Warum geht nun bei dem Sylvin die Gleitung längs aller vier Rhombendodekaëderflächen vor sich?

Wie wir später noch genauer sehen werden, hängt das damit zusammen, daß die Krystallmoleküle des Chlorkaliums sich nicht nur in Richtung der Rhombendodekaëderfläche aneinander vorbeischieben lassen, sondern daß es für sie, wenngleich untergeordnet, auch noch andere Gleitmöglichkeiten gibt. Im Vergleich zu dem Steinsalz steht gewissermaßen der Sylvin einem plastischen amorphen Körper um einen Schritt näher; denn bei diesem können ja die Moleküle in allen Richtungen — und in allen gleich gut — aneinander vorbeigleiten.

Für den Sylvin ist die Folge davon, daß wir die nach 110 geschnittenen Gleitplatten als nicht so starr annehmen dürfen, wie beim Steinsalz. Sie sind selbst plastisch. Dadurch kommt es, daß das Chlorkalium zwar wieder die gleichen Erscheinungen wie das *NaCl* zeigt, jedoch immer viel undeutlicher und verwaschener. Das erste Beispiel dafür ist der oben betrachtete Fall, bei dem 100 Druckfläche ist. Die Translation geht da zunächst zwar längs der b-Flächen vor sich, aber diese werden hierbei selbst deformiert. Das stört die Gleitung, sie wird unregelmäßig und kann dadurch untergeordnet auch längs der a-Flächen stattfinden. Daß trotzdem die Plattentheorie auch bei dem Sylvin sich bewährt, daß soll die folgende Tabelle beweisen. In ihr ist die gegenseitige Entfernungsverkürzung angegeben, welche auf ac senkrecht zur Druckrichtung gezogene Linien beim Pressen erfahren. Man sieht, Tabelle 20 weist die gleiche Eigentümlichkeit wie Tabelle 5 auf, die denselben Versuch am Steinsalz wiedergibt. Hier wie dort wird das Prisma am Anfang und Ende kaum merklich verkürzt. Bei Tabelle 5 ist die Erklärung dafür gegeben, darum brauche ich hier nur darauf zu verweisen.

Tabelle 20.

Pr.-D. $c = 51$; $b = 31$; $a = 13$; Beob.-Fl.: ac. Dr.-R.: c.
$KA = 0$. $KE = 51{,}1$.

o	do	k	k_1
1,7			
	3,7	—0,008	0
5,4			
	4,5	0,182	10
9,9			
	5,7	0,312	18
15,6			
	6,8	0,403	23
22,4			
	6,8	0,404	23
29,2			
	7,3	0,229	13
36,5			
	5,9	0,213	12
42,4			
	6,1	0,014	1
48,5			

Druckfläche ist 210, Beobachtungsfläche 001.

Wenn 210 Druck- und 001 Beobachtungsfläche ist, dann entsteht auch beim Sylvin, hervorgerufen durch Translation längs 101 und $\bar{1}01$, auf 001 eine Streifung, die mit c einen Winkel von 67° 30′ bildet. Sie ist vor allem in der Krystallmitte, dagegen kaum in den b-Ecken (Fig. 7) zu sehen. Dementsprechend bekommen wir auch für die Druckverkürzung der beiden in Fig. 7 mit L und L_1 bezeichneten Linien das in Tabelle 21 wiedergegebene Resultat, das mit dem der Tabelle 8 übereinstimmt. Beidemal wird L am Krystallende und L_1 am Krystallanfang nicht verkleinert. Der Grund ist in beiden Fällen der gleiche und bei Tabelle 8 angegeben. L_1 ist von $1\bar{2}0$ um 3,9 entfernt und L von $\bar{1}20$ um 3,6.

Tabelle 21.

Pr.-D. $c = 52$; $b = 30$; $a = 10$; $KA = 0$. $KE = 54,3$.

$o(L)$	$do(L)$	$k(L)$	$k_1(L)$	$o(L_1)$	$do(L_1)$	$k(L_1)$	$k_1(L_1)$
1,8	5,1	0,148	8	1,5	5,2	—0,074	— 4
6,9	6,3	0,335	19	6,7	6,5	0,172	10
13,2	6,4	0,370	20	13,2	6,7	0,316	19
19,6	8,1	0,392	22	19,9	8,2	0,295	17
27,7	6,5	0,228	13	28,1	6,5	0,287	17
34,2	7,2	0,197	11	34,6	7,4	0,371	21
41,4	7,8	0,127	7	42,0	7,8	0,237	14
49,2	2,8	0,004	0	49,8	2,4	0,110	6
52,0				52,2			

Jetzt bin ich zur Beobachtung der Punktverschiebung in der Mitte von 001 übergegangen.

Tabelle 22.

Pr.-D. $c = 48$; $b = 32$; $a = 16$. Bez. $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	21,2	1,1	—0,499	—0,040	+12,4
2	26,8	1,2	—0,766	—0,012	+64
3	31,4	1,4	—0,977	+0,078	—12,5
4	34,8	1,5	—1,122	+0,092	—12,2
1^1	21,1	5,3	—0,370	—0,078	+ 5
2^1	26,7	5,4	—0,579	+0,028	— 21
3^1	31,3	5,6	—0,834	+0,055	—15
4^1	34,9	5,7	—1,073	+0,066	—16
1^2	20,9	12,0	—0,133	—0,024	+ 5
2^2	26,5	12,1	—0,347	+0,036	— 9,7
3^2	31,2	12,3	—0,650	+0,091	— 7,2

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
4^2	34,9	12,4	−0,844	+0,065	−13
1^3	20,7	16,9	—	—	—
2^3	26,5	17,0	−0,267	+0,030	− 8,9
3^3	31,2	17,0	−0,527	+0,048	−11
4^3	35,0	17,0	−0,748	+0,106	− 7

Die Punkte bewegen sich also parallel zur Druckrichtung. Man kann daraus, ebenso wie beim Steinsalz den Schluß ziehen, daß es außer der langen Rhombendodekaëderdiagonale noch andere Gleitrichtungen im Sylvin gibt. Macht man ferner die dort erwähnten Annahmen, dann muß natürlich auch beim Chlorkalium die Gleitbarkeit längs der langen zu der, längs der kurzen Diagonale sich verhalten wie 2 : 1. Diese Folgerung ist allerdings hier durch die Plasticität der Gleitplatten selbst unsicherer als beim Steinsalz.

Es folgen nun die Punktbeobachtungen in der a-Ecke der Fig. 7.

Tabelle 23.

Pr.-D. $c = 48$; $b = 28$; $a = 13$. Bez. $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	5,8	1,3	−0,161	+0,011	−14,6
3	11,0	1,3	−0,349	−0,069	+ 5,1
4	16,2	1,3	−0,582	−0,127	+ 4,5
2^1	5,8	6,0	−0,079	−0,033	+ 2,4
3^1	11,0	6,0	−0,221	−0,074	+ 3,0
4^1	16,2	6,0	−0,487	−0,074	+ 6,6
2^2	5,9	11,6	−0,039	+0,003	−13
3^2	11,2	11,6	−0,177	+0,003	−59
4^2	16,2	11,6	−0,379	+0,039	− 9,7
1^3	1,5	15,0	—	—	—
3^3	11,2	15,0	−0,139	−0,002	+70
4^3	16,2	15,0	−0,284	−0,011	+26

Fig. 20 auf S. 273 stellt die Tabelle 23 graphisch dar und macht es noch deutlicher, daß sich der Sylvin anders, als das Steinsalz verhält. Denn bei diesem — man vergleiche dazu Tabelle 10 und Fig. 11 — gehen die Punkte ziemlich parallel zueinander, und durch die ablenkende Wirkung der in der a-Ecke gehemmten Gleitplatten ist $\frac{dy}{dx}$ im Durchschnitt $= 3$. Beim Sylvin macht sich diese Ablenkung durch die Plasticität der Gleitplatten nur noch bei den die a-Ecken unmittelbar umgebenden Punkten bemerkbar, dagegen nicht mehr bei 3^3 und 4^3. Diese bewegen sich infolgedessen der Druck-

richtung parallel und ebenso verhalten sich die Punkte der b-Ecken, wie die folgende Tabelle beweist:

Tabelle 24.

Pr.-D. $c = 48$; $b = 39$; $a = 14$. Bez. $P = 1$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
1	1,0	0,9	—	—	—
3	12,6	1,0	—0,087	+0,081	— 1,1
4	18,8	1,1	—0,216	+0,039	— 5,5
3^1	12,4	5,5	—0,113	+0,027	— 8,2
4^1	18,5	5,6	—0,268	—0,036	+ 7,5
3^2	12,3	10,6	—0,164	+0,009	—18
4^2	18,2	10,7	—0,332	—0,005	+66
3^3	12,1	16,0	—0,188	+0,030	— 6,3
4^3	18,0	16,0	—0,391	—0,015	+26

Infolgedessen tritt auch an der a-Ecke keine Einbuchtung und an der b-Ecke keine Ausbuchtung ein und daher wird ein Sylvinprisma beim Druck auf 120 nicht schmäler.

Druckfläche ist 110 und Beobachtungsfläche 001.

Ich teile hier gleich die der Tabelle 12 und 13 entsprechenden Versuchsreihen mit. Tabelle 25 ist an der Stelle m und Tabelle 26 bei a der Fig. 14 aufgenommen.

Tabelle 25.

Pr.-D. $c = 57$; $b = 39$; $a = 11$. Dr.-R. 4→1. Bez. $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	26,1	2,3	—0,132	+0,010	—13,2
3	29,6	2,2	—0,153	+0,037	— 4,1
4	34,8	2,3	—0,186	+0,046	— 4,0
2^1	26,2	5,9	—0,138	+0,007	—20
3^1	29,7	5,9	—0,161	+0,004	—40
4^1	34,8	6,0	—0,218	—0,007	+31
2^2	26,4	11,4	—0,149	+0,016	— 9,3
3^2	30,1	11,4	—0,193	+0,037	— 5,3
4^2	35,0	11,4	—0,233	+0,016	—14,5
1^3	20,6	16,5	—	—	—
2^3	26,5	16,3	—0,151	+0,041	— 3,7
3^3	30,2	16,3	—0,199	+0,055	— 3,6
4^3	35,2	16,3	—0,275	+0,055	— 5,0

Tabelle 26.

Pr.-D. c = Dr.-R. = 50; $b = 40$; $a = 9$; Bez. $P = 1^3$; Dr.-R. 4→1.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	6,3	2,3	−0,099	+0,121	−0,8
3	11,4	2,3	−0,303	+0,074	−4,1
4	16,1	2,3	−0,479	+0,129	−4,0
2^1	6,3	7,0	−0,063	+0,059	−1,0
3^1	11,5	7,0	−0,252	+0,087	−2,8
4^1	16,2	7,2	−0,367	+0,096	−3,7
2^2	6,4	12,9	−0,018	+0,111	−0,2
3^2	11,5	12,9	−0,215	+0,141	−1,5
4^2	16,3	13,0	−0,384	+0,125	−3,2
1^3	1,9	18,8	—	—	—
2^3	6,4	18,8	−0,039	+0,041	−1,0
3^3	11,5	18,8	−0,182	+0,086	−2,1
4^3	16,3	18,8	−0,334	+0,109	−3,2

Zu Tabelle 26 gehört noch Fig. 21. Ein Vergleich mit Tabelle 12 und 13 lehrt sofort, daß sich diesmal der Sylvin ganz anders verhält als das Steinsalz.

Fig. 20.

Fig. 21.

Zwar gehen in der Krystallmitte auch beim Chlorkalium die Punkte noch der Druckrichtung parallel; während sie sich aber am Krystallende nach Tabelle 13 nach innen kehren sollten, tun sie gerade das Gegenteil. Sie bewegen sich nach außen. Da auch beim Sylvin hauptsächlich 101 und 011 wirksame Gleitflächen sind, falls der Druck in der Richtung von $\bar{1}\bar{1}0$ nach

110 ausgeübt wird, so muß man auch annehmen, daß diese beiden Gleitplatten durch die Pressewand am Krystallende in der gleichen Weise abgelenkt werden wie beim Steinsalz. Aber bei dieser Ablenkung werden sie selbst so stark in Anspruch genommen und deformiert, daß sie auf die Bewegung der Punkte keinen bestimmenden Einfluß mehr ausüben und diese — ähnlich wie bei einem amorphen Körper — seitlich ausweichen. Natürlich folgt daraus, daß eine Sylvinplatte, bei der das Rhombendodekaëder Druckfläche ist, beim Pressen nicht schmäler, sondern breiter wird. Tatsächlich ist diese Breitenzunahme, wie ich durch sehr viele Versuche bestimmt habe, recht beträchtlich, aber, und das ist nach dem Vorigen auch natürlich, von Fall zu Fall verschieden. Deswegen hat es keinen Sinn, dafür Zahlen anzuführen. Schließlich will ich noch die Versuche mitteilen, bei denen Druck- und Beobachtungsfläche Rhombendodekaëderflächen waren.

Druckfläche ist 011 und Beobachtungsfläche $01\bar{1}$.

Auch hier beginne ich gleich mit den Tabellen. Nr. 27 entspricht Nr. 15 und ist an der Stelle m der Fig. 17 aufgenommen und 28 stellt den gleichen Versuch wie 16 dar, d. h. hier ist bei a beobachtet.

Tabelle 27.

Pr.-D. $c = 67$; $b = 40$; $a = 13$. Bez. $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	25,8	1,1	—0,182	+0,480	—0,38
3	32,1	1,1	—0,344	+0,354	—0,97
4	37,3	1,1	—0,506	+0,278	—1,8
2^1	25,9	6,5	—0,159	+0,332	—0,48
3^1	32,1	6,5	—0,360	+0,256	—1,4
4^1	37,4	6,5	—0,572	+0,134	—4,4
2^2	25,9	12,2	—0,156	+0,133	—1,3
3^2	32,2	12,2	—0,403	+0,154	—2,7
4^2	37,5	12,2	—0,562	—0,012	+47
1^3	20,4	18,5	—	—	—
2^3	26,0	18,5	—0,168	—0,091	+1,9
3^3	32,2	18,5	—0,403	—0,091	+3,3
4^3	37,5	18,5	—0,534	—0,132	+4,0

Wie man sieht ist in 27 $\frac{dy}{dx}$ im Mittel etwas höher als in 15. Sonst stimmen aber die beiden Tabellen gut miteinander überein. Das war eigentlich auch zu erwarten, denn schon aus 25 konnten wir schließen, daß für die Punktbewegungen bei m die Verschiebung der Gleitplatten bestimmend ist, daß sich also da das Chlorkalium gleich verhält wie das Chlornatrium.

Tabelle 28.

Pr.-D. $c = 65$; $b = 44$; $a = 13$. Bez. $P = 1^3$.

P	y	x	dy	dx	$\frac{dy}{dx}$
2	8,3	1,8	−0,068	+0,244	−0,28
3	14,2	2,0	−0,121	+0,296	−0,40
4	20,3	2,2	−0,185	+0,355	−0,53
2^1	8,1	7,0	−0,025	+0,160	−0,16
3^1	14,1	7,2	−0,103	+0,232	−0,44
4^1	20,1	7,4	−0,183	+0,264	−0,69
2^2	7,6	11,6	−0,003	+0,066	−0,05
3^2	13,5	12,0	−0,070	+0,169	−0,41
4^2	19,4	12,4	−0,135	+0,185	−0,74
1^3	1,6	18,0	—	—	—
3^3	13,4	18,6	−0,016	+0,041	−0,40
4^3	19,2	19,0	−0,086	+0,043	−0,50

Auch Tabelle 28 stimmt mit 16 recht gut überein, obwohl nach den Beobachtungen auf der Würfelfläche die Deformationen vom Steinsalz und Sylvin am Krystallende sehr verschieden sind. Auf der Rhombendodekaëderfläche ist das aber deswegen nicht zu bemerken, weil dort zufälligerweise die nicht durch Translation längs 110 erfolgende und die Punkte nach außen treibende Deformation ziemlich zusammenfällt mit der Gleitplattenverschiebung. Bemerken will ich noch, daß die beim Steinsalz erwähnten Sprünge || der Druckrichtung bei den Sylvinplatten viel seltener auftreten. Es ist das auch ein Beweis dafür, daß das Chlorkalium plastischer als das Chlornatrium ist.

Was die optischen Anomalien des Sylvins betrifft, so will ich hier auf Einzelheiten nicht eingehen. Denn sie sind bei ihm viel weniger deutlich als bei dem Steinsalz, was ja nach den oben betrachteten mechanischen Deformationen auch nicht anders zu erwarten war. Als erschwerender Umstand kommt ferner hinzu, daß der Sylvin durch Druck auf 100 negativ, auf 110 dagegen positiv doppeltbrechend wird. Daher gebe ich nur das Resultat meiner Beobachtungen an: Auch optisch verhält sich der Sylvin ähnlich wie das Steinsalz, insbesondere lassen sich bei ihm ebenfalls alle Druckanomalien aus den mechanischen Verschiebungen ableiten.

IV. Verhalten von Jod- und Bromkalium.

Zum Schluß habe ich auch noch das Jod- und Bromkalium untersucht. Hier kann ich mich ganz kurz fassen: denn sie sind in bezug auf Translation dem Chlorkalium völlig gleich. Nur einen Versuch, der das schon sehr wahrscheinlich macht, will ich erwähnen. Preßt man ein Brom- oder

Jodkaliumprisma bei dem 001 Druck- und 100 Beobachtungsfläche ist, dann nimmt b mit kleiner werdendem c deutlich zu. Ferner treten auf bc unter 45° zur Druckrichtung verlaufende, doppeltbrechende Streifen auf. Beide Erfahrungen sind ein Beweis dafür, daß ebenso wie beim Sylvin in diesem Falle sich nicht nur die b-, sondern auch die a-Rhombendodekaëderflächen an der Translation[1]) beteiligen.

Das Ammoniumchlorid habe ich noch nicht untersucht, will das aber noch tun, da es sich wahrscheinlich wieder anders verhalten wird[2]). Außerdem hoffe ich dann über die Temperaturabhängigkeit der Translation einige Angaben machen zu können.

Zusammenfassung.

Durch die vorhergehenden Versuche ist gezeigt worden, daß sich das Steinsalz einseitigem Druck gegenüber ebenso verhält, als ob es aufgebaut wäre aus dünnen, parallel den Rhombendodekaëderflächen verlaufenden Platten. Diese sind selbst ziemlich starr und nur schwer deformierbar, dagegen lassen sie sich leicht gegeneinander verschieben, und zwar besonders leicht in Richtung der langen Rhombendodekaëderdiagonalen. Jedoch sind außerdem auch noch andere Gleitrichtungen vorhanden. Den Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung liefern Versuche an Prismen, bei denen zunächst der Würfel, dann der Pyramidenwürfel und endlich das Rhombendodekaëder Druckfläche waren. Die Punktverschiebungen wurden beobachtet auf den Würfel- und Rhombendodekaëderflächen. Eine unmittelbare Folge der mechanischen Deformationen sind die optischen Anomalien der gepreßten Krystalle. Sie lassen sich infolgedessen ebenfalls von dem eben erwähnten Gesichtspunkt aus erklären. Der Sylvin — und ebenso das Brom- und Jodkalium — verhalten sich zwar sehr ähnlich wie das Steinsalz, trotzdem sind aber auch deutliche Unterschiede da. Zum Beispiel wird ein Steinsalzprisma, bei dem das Rhombendodekaëder Druck- und der Würfel Beobachtungsfläche ist, durch den Druck schmäler, ein Sylvinprisma dagegen breiter. Es kommt das daher, daß beim Sylvin nicht nur das Rhombendodekaëder Gleitfläche ist, sondern daß untergeordnet auch noch andere Gleitrichtungen auftreten.

Jena, Mineralogisches Institut der Universität. October 1912.

1) Dabei ist mir aufgefallen, daß die Bromkaliumkrystalle sehr leicht zerbrechen. Ich konnte die Schraube nur ganz langsam anziehen. Wahrscheinlich ist der Grund dafür der, daß diese Krystalle inhomogener als die der übrigen Substanzen waren.

2) Vergl. Johnsen, N. Jahrb. f. Min. usw. 1902, **2**, 133. Ausz. diese Zeitschr. **39**, 629.

XVIII. Inhalt und Oberfläche der regulären Krystallkörper[1].

Von

F. Haag in Stuttgart.

Das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen der Krystallformen ist für die absolute Größe der Krystalle von Bedeutung[2]. Eine Neubearbeitung meiner früheren Abhandlung erscheint somit gerechtfertigt.

Um den Rauminhalt des Hexakisoktaëders (hkl) zu berechnen, bestimmen wir zuerst die Coordinaten des Endpunktes T der dreizähligen Axe im ersten Oktanten als Durchschnittspunkt dieser Axe

$$x = y = z$$

mit einer Fläche des Hexakisoktaëders

$$hx + ky + lz = h \text{ (die vierzählige Halbaxe ist gleich 1).}$$

Wir erhalten
$$x_t = y_t = z_t = \frac{h}{h+k+l}.$$

Die Coordinaten des Endpunktes der zweizähligen Axe in der (xy)-Ebene sind

$$x_r = y_r = \frac{h}{h+k}, \quad z = 0.$$

Die in dieser Ebene liegende Grundfläche einer vierseitigen Pyramide mit der Spitze T hat den Inhalt $\frac{h}{h+k}$. Drei dieser Pyramiden geben den Oktanten. Somit ist der gesuchte Inhalt

$$8 \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{h}{h+k+l}.$$

---

1) F. Haag, Die regulären Krystallkörper. Programm des Kgl. Gymnasiums in Rottweil, 1887, I. Abschnitt.

2) O. Mügge, Zur Prüfung der Krystalltheorien an der Erfahrung. Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, V 7, Krystallographie, S. 479, Anmerk. 189.

Die Oberfläche des Hexakisoktaëders besteht aus 48 Dreiecken; die Coordinaten der Endpunkte eines derselben sind

$$\begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ \frac{h}{h+k} & \frac{h}{h+k} & 0 \\ \frac{h}{h+k+l} & \frac{h}{h+k+l} & \frac{h}{h+k+l} \end{matrix}.$$

Daraus folgt für seinen doppelten Inhalt

$$2\Delta = \frac{h\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{(h+k)(h+k+l)}.$$

Die gesuchte Oberfläche ist 24 mal so groß. Die anderen vollflächigen Formen des regulären Systems sind specielle Fälle des Achtundvierzigflächners; es ergibt sich die folgende Tabelle:

		Inhalt:	Oberfläche:
Hexakisoktaëder	$(h k l)$	$8 \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{h}{h+k+l}$	$\frac{24h\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{(h+k)(h+k+l)}$
Oktakistriëder (Ikositetraëder)	$(h l l)$	$8 \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{h}{h+2l}$	$\frac{24h\sqrt{h^2+2l^2}}{(h+l)(h+2l)}$
Triakisoktaëder	$(h h l)$	$4 \cdot \frac{h}{2h+l}$	$\frac{12\sqrt{2h^2+l^2}}{2h+l}$
Tetrakishexaëder	$(h k 0)$	$8 \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{h}{h+k}$	$\frac{24\sqrt{h^2+k^2}}{(h+k)(h+k)}$
Dodekaëder	(110)	2	$6\sqrt{2}$
Hexaëder	(100)	8	24
Oktaëder	(111)	$\frac{4}{3}$	$4\sqrt{3}$

bezogen auf die Halbaxe als Einheit

Unter den Hexakisoktaëdern ist eins, das bei gegebenem Volumen eine kleinste Oberfläche besitzt. Wird das Volumen gleich 1 und die Halbaxe gleich a gesetzt, so ist

$$8 \cdot \frac{h}{h+k} \cdot \frac{h}{h+k+l} \cdot a^3 = 1,$$

woraus

$$a^2 = \frac{1}{4h} \cdot \sqrt[3]{\frac{(h+k)^2\,(h+k+l)^2}{h}}$$

und die Oberfläche

$$6 \cdot \frac{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{\sqrt[3]{h(h+k)(h+k+l)}}.$$

Die Frage nach dem Hexakisoktaëder von kleinster Oberfläche bei gegebenem Inhalt ist also gleichbedeutend mit der Aufgabe, das Minimum

vorstehender Funktion zu bestimmen. Da es nur auf das Verhältnis der drei Größen ankommt, so kann man mit h dividieren, und durch die Substitution $\frac{k}{h} = x$, $\frac{l}{h} = y$ erhält man die Funktion

$$F = \frac{\sqrt{1 + x^2 + y^2}}{\sqrt[3]{(1 + x)(1 + x + y)}},$$

für welche das Minimum zu bestimmen ist. Man erhält

$$\frac{\partial F}{\partial x} \cdot (1 + x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}} (1 + x)^{\frac{4}{3}} (1 + x + y)^{\frac{4}{3}} =$$
$$= x(1 + x)(1 + x + y) - \tfrac{1}{3}(1 + x^2 + y^2)(2 + 2x + y) = 0 .$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} \cdot (1 + x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}} (1 + x)^{\frac{1}{3}} (1 + x + y)^{\frac{4}{3}} =$$
$$= y(1 + x + y) - \tfrac{1}{3}(1 + x^2 + y^2) = 0 .$$

Die zweite Gleichung mit 3 multipliciert und geordnet:

$$(1) \qquad x^2 - 3xy - 2y^2 - 3y + 1 = 0 .$$

Die erste mit y die zweite mit $x(1 + x)$ multipliciert usf.

$$(2) \qquad x^2 - 2xy - y^2 + x - 2y = 0 ,$$

$2 \cdot (2) - (1)$ gibt

$$(3) \qquad x^2 - xy + 2x - y - 1 = 0 .$$

Die hieraus sich ergebende Substitution

$$(4) \qquad y = \frac{x^2 + 2x - 1}{x + 1}$$

liefert mit jeder der Gleichungen (1) und (2) die folgende

$$(5) \qquad 2x^4 + 9x^3 + 7x^2 - 5x - 1 = 0$$

mit der einzigen positiven Wurzel

$$x_1 = 0{,}54604$$

welche nach (4) $\quad y_1 = 0{,}25241$ liefert.

Um einen 48-Flächner mit rationalen Axenabschnitten zu finden, habe ich Gleichung (2) nach y aufgelöst:

$$y = -(x + 1) \pm \sqrt{2x^3 + 3x + 1} .$$

Soll y rational werden, so muß der Radikand ein Quadrat sein und man kann setzen

$$2x^3 + 3x + 1 = z^2$$
$$x(2x + 3) \qquad = z^2 - 1 = (fz + f) \cdot \frac{z - 1}{f},$$

wo f eine beliebige rationale Zahl bedeutet. Die letzte Gleichung ist befriedigt, wenn man annimmt

$$x = \frac{z - 1}{f} \quad \text{und} \quad 2x + 3 = fz + f$$

oder $$x = \frac{3 - 2f}{f^2 - 2} \quad \text{und} \quad y = \frac{1 - f}{f^2 - 2}.$$

Durch Probieren erhält man $f = -5\frac{1}{8}$

$$x_1 = \frac{848}{1553} \quad \text{und} \quad y_1 = \frac{392}{1553}.$$

Diese Werte stimmen mit den obigen bis auf fünf Dezimalstellen überein und liefern wie diese $\log F = 9{,}919028$. Beide Resultate sind aber nur Näherungswerte. Es gibt also unter den Krystallformen keinen 48-Flächner, der bei gegebenem Inhalt eine kleinste Oberfläche besitzt. Die Näherungswerte $x_1 = \frac{6}{11}$ und $y_1 = \frac{1}{4}$ liefern die Form

(44.24.11) mit $\log F = 0{,}919029$.

Dieser am nächsten stehen

(24.13.6)
(20.11.5) } mit $\log F = 9{,}919032$

(4.2.1) ist die roheste Näherungsform mit $\log F = 9.919340$.

Wie ich erst nachträglich durch einen Katalog erfahren, hat Richard Berger[1]) die nämliche Aufgabe behandelt. Er setzt »die Länge der Strahlen, welche den Mittelpunkt der dem Hexakisoktaëder einbeschriebenen Kugel mit den Scheiteln der 6-flächigen, der 8-flächigen und der 4-flächigen Ecken verbinden, bzw. $a\sqrt{3}$, au und $av\sqrt{2}$«. Unsere Funktion F geht durch die Substitution

$$1 + x + y = u$$
$$1 + x = \frac{u}{v}$$

über in $$f = \frac{\sqrt{2u^2 + 2v^2 - 2u^2v - 2uv + u^2v^2}}{\sqrt[3]{u^2v^2}}.$$

Berger sucht das Maximum für $\frac{1}{f^6}$ und findet durch Auflösen der Gleichung

$$2v^4 - 8v^2 + v + 6 = 0$$

die Näherungswerte

$$v = 1{,}163266 \text{ und } u = 1{,}798457,$$

deren völlige Übereinstimmung mit den von mir für x und y gefundenen Werten durch die angegebene Substition herbeigeführt wird. Berger hat seine Untersuchungen auf die vollflächigen Formen des regulären Systems

1) R. Berger, »Über einige Polyëder des regulären Systems, deren Volumen bei gegebener Oberfläche ein Maximum ist«. Inauguraldissertation. Marburg 1881.

beschränkt, während ich die meinigen auf die Hälftflächner dieses Systems ausdehnt habe. Berger hat auch keine Näherungsformen angegeben. Diese findet man am einfachsten durch Probieren:

$$
\begin{aligned}
& 1 : 0{,}54\,604 : 0{,}25\,241 \\
= {} & 3{,}962 : 2{,}163 : 1 \qquad (4.2.1) \\
= {} & 11{,}886 : 6{,}489 : 3 \\
= {} & 15{,}848 : 8{,}652 : 4 \qquad (16.9.4) \\
= {} & 19{,}810 : 10{,}815 : 5 \qquad (20.11.5) \\
= {} & 23{,}772 : 12{,}978 : 6 \qquad (24.13.6).
\end{aligned}
$$

So erhalten wir noch eine weitere Näherungsform (16.9.4) mit $\log F = 9.919\,068$. Die systematische Aufsuchung der Näherungsformen wird im II. Abschnitt besprochen werden.

Für das Oktakistriëder (Ikositetraëder) (hkk) ist

$$F = \frac{\sqrt{1 + 2x^2}}{\sqrt[3]{(1 + x)(1 + 2x)}}$$

$$\frac{dF}{dx} \cdot 3\,(1 + 2x^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (1 + 3x + 2x^2)^{\frac{4}{3}} \quad \text{gibt}$$

$$4x^3 + 12x^2 + 2x - 3 = 0$$

$$x_1 = 0{,}4175 \left(= \frac{k}{h}\right).$$

Mit der Kettenbruchmethode ergeben sich die Näherungsformen

(2.1.1), (5.2.2), (7.3.3), (12.5.5) ...

Beim Triakisoktaëder (hhl) ist

$$F = \frac{\sqrt{2 + x^2}}{\sqrt[3]{2(2 + x)}}$$

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{dF}{dx} \cdot 3\,(2 + x^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (4 + 2x)^{\frac{4}{3}} \quad \text{gibt}$$

$$x^2 + 3x - 1 = 0$$

$$x_1 = 0{,}30\,278 \left(= \frac{l}{h}\right)$$

und die Näherungsformen

(3.3.1), (10.10.3), (33.10.10).

Das Tetrakishexaëder $(hk0)$ liefert

$$F = \frac{\sqrt{1 + x^2}}{\sqrt[3]{(1 + x)^2}}$$

und
$$\frac{dF}{dx}\cdot 3(1+x^2)^{\frac{1}{2}}\cdot(1+x)^{\frac{5}{3}} \text{ ist}$$
$$x^2+3x-2=0$$
$$x_1 = 0{,}56155\left(=\frac{k}{h}\right).$$

Die Näherungsformen: (2.1.0), (7.4.0), (9.5.0), (16.9.0).

Das Hexakistetraëder besitzt wie das Hexakisoktaëder vier dreizählige Symmetrieaxen. Vier Endpunkte solcher Axen entsprechen den in den abwechselnden Oktanten des Hexakisoktaëders gelegenen und haben somit wie diese vom Centrum den Abstand

$$OT = \frac{h}{h+k+l}\sqrt{3}\,.$$

Den entgegengesetzten Endpunkt T' findet man als Schnittpunkt der Fläche $(hk\bar{l})$ mit der Axe $x=y=z$

$$x_{t'} = y_{t'} = z_{t'} = \frac{h}{h+k-l}.$$

Ein Oktant mit der Axe OT' hat somit das Volumen

$$\frac{h}{h+k}\cdot\frac{h}{h+k-l},$$

während für den Oktanten des Hexakisoktaëders

$$\frac{h}{h+k}\cdot\frac{h}{h+k+l} \text{ gefunden wurde.}$$

Daraus ergibt sich für den Inhalt des Hexakistetraëders

$$8\cdot\frac{h}{h+k+l}\cdot\frac{h}{h+k-l}.$$

Eins der die Oberfläche zusammensetzenden Dreiecke liegt in der Ebene $(hk\bar{l})$. Man findet für die doppelte Projection dieses Dreiecks auf die Ebene XY:

$$\begin{vmatrix} 1 & \frac{h}{h+k+l} & \frac{h}{h+k-l} \\ 0 & \frac{h}{h+k+l} & \frac{h}{h+k-l} \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = \frac{2hl}{(h+k+l)(h+k-l)}.$$

Der Cosinus des Neigungswinkels, den die Fläche mit der Projectionsebene bildet, ist $\frac{l}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$. Daraus folgt die gesuchte Oberfläche.

	Inhalt:	Oberfläche:
Hexakistetraëder $\tau(hkl)$	$8\cdot\frac{h}{h+k+l}\cdot\frac{h}{h+k-l}$	$\frac{24h\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{(h+k+l)(h+k-l)}$
Triakistetraëder $\tau(hll)$	$8\cdot\frac{h}{h+2l}$	$\frac{24\sqrt{h^2+2l^2}}{h+2l}$
Tetrakistriëder $\tau(hhl)$	$8\cdot\frac{h}{2h+l}\cdot\frac{h}{2h-l}$	$\frac{24\sqrt{2h^2+l^2}}{(2h+l)(2h-l)}$
Tetrakishexaëder $\tau(hk0)$	$8\cdot\frac{h}{h+k}\cdot\frac{h}{h+k}$	$\frac{24h\sqrt{h^2+k^2}}{(h+k)^2}$
Dodekaëder $\tau(110)$	2	$6\sqrt{2}$
Hexaëder $\tau(100)$	8	24
Tetraëder $\tau(111)$	$\frac{8}{3}$	$8\sqrt{3}$

Setzen wir das Volumen des Hexakistetraëders gleich 1, so folgt für die Oberfläche

$$6\cdot\frac{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{\sqrt[3]{h(h+k+l)(h+k-l)}}.$$

Die Funktion, für welche das Minimum zu suchen ist, heißt

$$F=\frac{\sqrt{1+x^2+y^2}}{\sqrt[3]{(1+x+y)(1+x-y)}}.$$

Multipliciert man sowohl $\frac{\partial F}{\partial x}$ als $\frac{\partial F}{\partial y}$ mit

$$3\cdot(1+x^2+y)^{\frac{1}{2}}(1+x+y)^{\frac{4}{3}}(1+xy)^{\frac{4}{3}},$$

so erhält man

$$(1)\qquad x(1+x+y)(1+x-y)-\tfrac{2}{3}(1+x^2+y^2(1+x)=0$$
$$(2)\qquad y(1+x+y)(1+x-y)-\tfrac{2}{3}(1+x^2+y^2)y\qquad=0.$$

Aus (2) folgt $\qquad y=0.$

Dies in (1) eingesetzt gibt

$$x^2+3x-2=0$$
$$x=-\tfrac{3}{2}\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{17}$$

und die Näherungswerte $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{73}{130}$. Der Pyramidenwürfel (16.9.0) ist also diejenige unter den Formen des tetraëdrisch-hemiëdrischen Systems, die bei gegebenem Volumen die kleinste Oberfläche besitzt. Er nähert sich dem Pyramidenwürfel (210) mit gleichen Flächenwinkeln. $\log F=9{,}93049$.

Für das Triakistetraëder $\tau(hll)$ ist

$$F = \frac{\sqrt{1 + 2x^2}}{\sqrt[3]{1 + 2x}},$$

$$\frac{dF}{dx} \cdot 3 \cdot (1 + 2x^2)^{\frac{1}{2}} (1 + 2x)^{\frac{4}{3}} \quad \text{gibt}$$

$$4x^2 + 3x - 1 = 0$$

$$x_1 = \tfrac{1}{4}.$$

Die Form $\tau(411)$ ist ein Minimum der Oberfläche unter den Pyramidentetraëdern mit $\log F = 9{,}96688$. Ein Maximum stellt einerseits das Tetraëder ($\log F = 0{,}07952$), andererseits der Würfel ($\log F = 0$) dar. Die Seitenflächen der Pyramiden stoßen bei $\tau(411)$ unter Winkeln von 120^0 zusammen.

Das Tetrakistriëder (Deltoiddodekaëder) $\tau(hhl)$ liefert

$$F = \frac{\sqrt{2 + y^2}}{\sqrt[3]{(2 + y)(2 - y)}},$$

$\frac{dF}{dy} = 0$, hat die Wurzel $y = 0$, die besagt, daß das Dodekaëder (110) unter allen Deltoiddodekaëdern die kleinste Oberfläche besitzt.

Das Diploëder (Dyakisdodekaëder) entsteht aus dem 48-Flächner, wenn in jedem Oktanten die abwechselnden Flächen verschwinden. Die übrigen Flächen stoßen in neuen Kanten zusammen, welche aber noch durch den Endpunkt T der dreizähligen Axe gehen. So die Flächen

$$hx + ly + kz = h$$
$$kx + hy + lz = h.$$

Der Schnittpunkt T dieser Geraden mit der (XY)-Ebene, der andere Endpunkt der neuen Kante TP hat somit die Coordinaten

$$x_0 = \frac{h^2 - hl}{h^2 - kl}, \qquad y_0 = \frac{h^2 - hk}{h^2 - kl}, \qquad z_0 = 0.$$

Der Oktant zerfällt in drei kongruente Pyramiden mit der gemeinsamen Spitze T, der Höhe $\frac{h}{h + k + l}$ und der Grundfläche

$$\tfrac{1}{2}(x_0 + y_0) = \frac{h(2h - k - l)}{2(h^2 - kl)}.$$

Somit ist der Inhalt des Diploëders

$$\frac{4h^2(2h - k - l)}{(h + k + l)(h^2 - kl)}.$$

Eine Fläche $XPTP'$ des Diploëders setzt sich aus drei Dreiecken zusammen, von denen das mittlere XTR' mit der Fläche (hlk) des einbeschriebenen Hexakisoktaëders identisch ist. Wie gezeigt worden, ist

$$2\varDelta XTR' = \frac{h\sqrt{h^2+k+l^2}}{(h+k)(h+k+l)}.$$

Die doppelte Projection von $\varDelta XPT$ auf die xy-Ebene ist

$$\begin{vmatrix} 1 & \dfrac{h^2-hl}{h^2-kl} & \dfrac{h}{h+k+l} \\ 0 & \dfrac{h^2-hk}{h^2-kl} & \dfrac{h}{h+k+l} \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = \frac{hk(h-k)}{(h+k+l)(h^2-kl)}.$$

Somit $$2\varDelta XPT = \frac{h(h-k)\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{(h+k+l)(h^2-kl)}.$$

Nun ist $\varDelta R'TP' = \varDelta RTP$ und man findet leicht

$$2\varDelta RTP = \frac{h^2(k-l)\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{(h+k)(h+k+l)(h^2-kl)}.$$

Und somit $$2XPTP' = \frac{h(2k-k-l)\sqrt{h^2+k^2+l^2})}{(h+k+l)(h^2-kl)}.$$

	Inhalt:	Oberfläche:
Diploëder $\pi(hkl)$	$\dfrac{4h^2(2h-k-l)}{(h+k+l)(h^2-kl)}$	$\dfrac{12h(2h-k-l)\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{(h+k+l)(h^2-kl)}$
Hexakisdiëder $\pi(hk0)$	$\dfrac{4(2h-k)}{h+k}$	$\dfrac{12(2h-k)\sqrt{h^2+k^2}}{h(h+k)}$
Oktakistriëder $\pi(hll)$	$\dfrac{8h^2}{(h+2l)(h+l)}$	$\dfrac{24h\sqrt{h^2+2l^2}}{(h+2l)(h+l)}$
Triakisoktaëder $\pi(hhl)$	$\dfrac{4h}{2h+l}$	$\dfrac{12\sqrt{2h^2+l^2}}{2h+l}$
Dodekaëder $\pi(110)$	2	$6\sqrt{2}$
Hexaëder $\pi(100)$	8	24
Oktaëder $\pi(111)$	$\frac{4}{3}$	$4\sqrt{3}$

Für das Hexakisdiëder (Pentagondodekaëder) vom Volumen 1 ist die Oberfläche

$$6\frac{\sqrt{h^2+k^2}}{h\sqrt[3]{\dfrac{2(h+k)}{2h-k}}}.$$

Es ist also das Minimum für die Funktion

$$F = \frac{\sqrt{1+x^2}\,\sqrt[3]{2-x}}{\sqrt[3]{1+x}} \quad \text{zu bestimmen.}$$

$$\frac{dF}{dx} \cdot (1+x^2)^{\frac{1}{2}} (1+x)^{\frac{4}{3}} (2-x)^{-\frac{4}{3}} (2-x)^2 \quad \text{gibt}$$

$$x^3 - 2x + 1 = 0\,,$$

d. h.

$$(x-1)(x^2+x-1) = 0\,,$$

$x_1 = 1$, gibt das Dodekaëder (110) mit $\log F = 9{,}94\,983$.

$x_2 = \frac{-1+\sqrt{5}}{2}$, das reguläre Pentagondodekaëder der Stereometrie mit gleichen Winkeln und Kanten, dem die Form $\pi\,(8.5.0)$ mit $\log F =$ 9,94 708 nahe kommt.

In der angeführten Programmabhandlung habe ich die umfangreichen Formeln für den Inhalt des Gyroëders und des Tertartoëders entwickelt, worauf hier noch hingewiesen werden soll.

XIX. Näherungsformen und Zielreihen.

Von

F. Haag in Stuttgart.

(Mit 7 Textfiguren.)

H. Baumhauer[1]) hat bemerkt, daß sehr oft »flächenreiche Zonen von einer Ausgangsfläche mit complicierterem Symbol sich nach einer Zielfläche mit einfacherem Symbol erstrecken«. Aus der weiteren Angabe, daß auch die Zielfläche irgend ein complicierteres Symbol haben könne, folgt die Notwendigkeit einer allgemeinen theoretischen Untersuchung dieser Frage, auf deren Dualismus ich in einer früheren Arbeit hingewiesen habe[2]).

Dort habe ich auch gezeigt, wie ein Vector $[mn]$ so in zwei Componenten zerlegt werden kann, daß das durch diese bestimmte Parallelogramm gleich der Grundmasche des Gitters wird. Man erhält die Componenten entweder auf graphischem Wege oder durch Auflösen der diophantischen Gleichungen

$$nx - my = \pm 1.$$

Wenn p und q dieser Gleichung genügen, so ist

$$np - mq = \pm 1$$

$$\frac{p}{q} - \frac{m}{n} = \frac{np - mq}{nq}$$

ist ein Minimum. Das Verhältnis $\frac{p}{q}$ kommt also dem gegebenen $\frac{m}{n}$ möglichst nahe. Der Gitterpunkt $[pq]$ liegt auf einer Parallelen zum Vector

---

1) H. Baumhauer, Über das Gesetz der Complication und die Entwicklung der Krystallflächen in flächenreichen Zonen. Fortschritte der Mineralogie usw. 1911, **1**, 27.

2) F. Haag, Bemerkungen zum Complicationsgesetz. Diese Zeitschr. 1908, **45**, 1. Heft, 63.

$[mn]$. Zwischen beiden liegt kein Gitterpunkt. Durch wiederholte Addition der Deckschiebung $[mn]$ erhält man die Punkte einer Vicinalreihe

$$[p + m,\ q + n],\ [p + 2m,\ q + 2n],\ [p + 3m,\ q + 3m] \text{ usf.},$$

deren Verbindungsgeraden mit dem 0-Punkt sich dem gegebenen Vector immer mehr nähern. Fig. 1 zeigt die Vicinalreihen für den Vector [5.3]. Auf der einen Seite [2.1], [7.4], [12.7] ..., auf der anderen [3.2], [8.5], [13.8], ...

Fig. 1.

In gleichen Abständen folgen die Parallelen

$$nx - my = \pm 2.$$

(In Fig. 1 ist nur die Parallele $3x - 5y = -2$ mit den Punkten [1.1], [6.4], [11.7], ... abgebildet.)

Die auf diesen liegenden Gitterpunkte liefern Vectoren, die entweder mit denen der ersten Parallelen zusammenfallen, oder durch vectorielle Addition je zweier benachbarter aus diesen erzeugt werden können, z. B. $[11.7] = [3.2] + [8.5]$; ebenso die Punkte der dritten Parallelen aus denen der ersten und zweiten usf.

Wird an Stelle des Vectors $[mn]$ die Netzebene (mn) gesetzt, so erhält man auf dem nämlichen Wege die primären, secundären, tertiären Reihen Baumhauer's, für die ich die gemeinsame Bezeichnung »Zielreihen« vorschlagen möchte.

In dem angeführten Programm habe ich gezeigt, wie sich die Aufgabe für jede beliebige Netzebene (hkl) lösen läßt[1]).

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 2 zeigt die Projection der Netzebene (22.9.7) auf die YZ-Ebene; die kürzeste Deckschiebung (der am dichtesten mit Gitterpunkten besetzte Vector) ist $[1\bar{4}2]$; es folgen $[\bar{2}.1.5]$ und $[\bar{3}.5.3]$, die mit der ersten das Hauptdreieck bilden. Wird mit den wahren Längen dieser Deckschiebungen

1) Ausführlicher in »Anordnung der Massenpunkte in den Flächen regulärer Krystalle«. Diese Zeitschr. 1889, (6) **15**, 586.

zuerst das Hauptdreieck construiert, so kann das Netz selbst rasch entworfen werden.

Bei Fig. 6 bilden die Deckschiebungen $[111]$, $[11\bar{1}]$ und $[002]$ das Hauptdreieck. Durch Verdoppelung dieses Dreiecks wird die Masche des Netzes erhalten, deren Projection auf die *XY*-Ebene gleich l ist[1]); k und h sind die Projectionen auf die anderen Coordinatenebenen und daher ist im kubischen System der Inhalt der Masche $\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$ [2]).

Unter den Beispielen von Zonen, denen eine primäre Reihe zugrunde liegt, führt H. Baumhauer den von W. T. Schaller untersuchten Terlinguait an. Fig. 4 zeigt das dualistische Bild der Zone $[2.3.1]$, in welcher eine der beiden nach $(\bar{1}.0.2)$ »strahlenden« primären Reihen stark, wenn auch nicht lückenlos, entwickelt ist; $(1.\bar{2}.4)$ wird als secundäre Fläche aufgefaßt, die durch Combination von $(1.\bar{1}.1)$ und $(0.\bar{1}.3)$ entsteht, und in der Tat ist

$$(1.\bar{1}.1) + (0.\bar{1}.3) = (1.\bar{2}.4).$$

Auf der anderen Seite ist

$$(\bar{2}.1.1) + (\bar{3}.1.3) = (\bar{5}.2.4).$$

Fig. 4.

Projection der Netzebene (231).

Fig. 5.

Beide Flächen stehen in sehr kurz entwickelten secundären Reihen. Sowohl bei den primären als bei den secundären Reihen ist die Indexdifferenz für die Axe c gleich 2, weil sie eben nach $(\bar{1}.0.2)$ hinzielen. Fig. 5 zeigt die Entwickelung einer anderen nach (001) hinzielenden Zonen des nämlichen Minerals; hier ist bemerkenswert, daß nur die Flächen der einen Reihe die Indexdifferenz (002) zeigen. Auf der anderen Seite ist die Indexdifferenz (003). Der unsymmetrische Bau entspricht dem monoklinen System; aber es wird nicht leicht sein, eine der Verschiedenheit der Indexdifferenzen Rechnung tragende Anordnung der Massenpunkte zu ersinnen.

In der unter 2) bezeichneten Abhandlung habe ich dargelegt, wie die Tatsache, daß den Axen entsprechende Indices in gewissen Fällen verdoppelt werden müssen, durch Wegnahme von Systempunkten aus dem zugrunde gelegten Gitter erklärt werden kann. Dabei entsteht entweder ein neues Gitter mit centrierten Spaten oder ein solches mit centrierten

1) Der Beweis findet sich bei F. Haag, »Gittervectoren«. Programm der Kgl. Wilhelms-Realsch., Stuttgart 1908, S. 19 und Zeitschr. f. math. Unt. 1892.

2) Die Formel für ein beliebiges System wurde von Bravais im Jahre 1848 aufgestellt.

Spatflächen. Keines von diesen beiden Systemen trifft beim Schwefel und Anatas zu, da hier nur die den Axen b und c entsprechenden Indices zu verdoppeln sind. Fig. 6 zeigt Formen, die durch Complication aus den Grundformen (002), (111) und (220) folgendermaßen abgeleitet werden können:

002 220
111
113 331
115 224 442 551
117 228 337 335 (553) (773) (882) (771)
119 2.2.12 3.3.13 3.3.11 4.4.10 5.5.11 559 446 (664) (995)
5.5.19

Fig. 6. Fig. 7.

Die in Klammern gesetzten Flächen sind nicht beobachtet.

Alle diese Formen sind in einem rhombischen Säulensystem enthalten, das durch Wegnahme der Hälfte aller Systempunkte aus dem ursprünglichen Gitter entsteht, wie Fig. 7 zeigen soll.

In Fig. 6 ist der zum Punkt [5.5.19] gehörige Vector gezogen, der das letzte vereinzelt stehende Glied der fünften Zielreihe mit der Differenz (002) ist. Er geht gleich nahe an den Punkten [228] und [3.3.11] vorbei; (5.5.19) kann somit ebensowohl mit (228) als mit (3.3.11) als Vicinalfläche vereinigt werden.

Soll die Aufgabe auf analytischem Wege gelöst werden, so hat man für die Projection der Vicinalreihen des Vectors (5.5.19) auf die XY-Ebene

$$19y - 5z = \pm 2.$$

Da der Inhalt der Masche des Netzes in unserem Falle gleich 2 ist. Die Lösungen [2.8] und [3.11] dieser Gleichung liefern wieder das vorhin auf graphischem Wege gewonnene Resultat.

Können nun so die Näherungsformen für einen gegebenen Vector (Fläche) gefunden werden, wenn diese Näherungsformen in einer bestimmten Netzebene (Zone) liegen sollen, so ist noch zu zeigen, wie die Aufgabe beim Fortfallen dieser Beschränkung in Angriff genommen werden kann. Dies soll zunächst an dem Beispiel [22.9.7] erklärt werden. Für die dem gegebenen Vector dualistisch entsprechende Netzebene (22.9.7) sind in Fig. 2 die dichtesten Vectoren $[1.\bar{4}.2]$ und $[\bar{2}.1.5]$ gefunden.

Es folgt $[\bar{3}.5.3]$ und in Fig. 3 ist die diesem entsprechende Netzebene $(\bar{3}.5.3)$ bezw. deren Projection auf die YZ-Ebene dargestellt, die den gegebenen Vector [22.9.7] enthält. Der Inhalt der Masche ist 3. Die dem Vector [9.7] benachbarten Gitterpunkte liegen auf den Parallelen

$$7y - 9z = \pm 3.$$

Die Lösungen (3.2) und (6.5) dieser Gleichungen liefern die Punkte

$$[7.3.2] \quad \text{und} \quad [15.6.5].$$

Nach der nämlichen Methode erhält man in der dichtesten Netzebene $(1.\bar{4}.2)$ die Werte [10.4.3] und [12.5.4]. Es ist leicht zu ermitteln, welche Werte dem gegebenen Vector am nächsten kommen. So ist

$$12 : 5 : 4 = 21 : 8{,}75 : 7$$
$$15 : 6 : 5 = 21 : 8{,}4 \;\; : 7.$$

Wie zu erwarten war, liegen also in der dichtesten Netzebene die besten Näherungswerte. Durch wiederholte Addition der Deckschiebung [22.9.7] des gegebenen Vectors zu den gefundenen Näherungswerten erhält man Parallelreihen. Die Verbindungsgeraden der Punkte dieser Reihen mit dem 0-Punkt nähern sich dem gegebenen Vector immer mehr und fallen im Unendlichen mit ihm zusammen.

Man hat allgemein:

Gegeben sei der Vector $[h k l]$. In der ihm zugeordneten Netzebene $(h k l)$ wird der dichteste Vector $[m n p]$ bestimmt. In der diesem dualistisch entsprechenden Netzebene $(m n p)$ liegen zwei zum gegebenen Vector $[h k l]$ benachbarte Reihen, deren Projectionen auf die YZ-Ebene der Gleichung

$$l y - k z = \pm m$$

genügen.

Gegeben sei die Fläche $(h k l)$. Für den ihr zugeordneten Vector (Zone) $[h k l]$ wird die dichteste Netzebene $(m n p)$ gesucht. In der dieser dualistisch entsprechenden Zone $[m n p]$ liegen zwei Vicinalreihen, deren Zielfläche die gegebene Fläche $(h k l)$ ist und deren auf die Y- und Z-Axe bezogene Indices der Gleichung

$$l y - k z = \pm m$$

genügen.

Die so gefundenen Punkte	Die so gefundenen Ebenen

$$\xi_1\eta_1\zeta_1,\ \xi_1+h\ \eta_1+k\ \zeta_1+l,\quad \xi_1+2h\ \eta_1+2k\ \zeta_1+2l\ \text{ usf.}$$
$$\xi_2\eta_2\zeta_2,\ \xi_2+h\ \eta_2+k\ \zeta_2+l,\quad \xi_2+2h\ \eta_2+2k\ \zeta_2+2l\ \text{ usf.}$$
$$(\xi_1+\xi_2=h,\quad \eta_1+\eta_2=k,\quad \zeta_1+\zeta_2=l)$$

sind die Endpunkte der gesuchten Näherungsvectoren, die sich dem gegebenen immer mehr nähern. Die Deckschiebung der gefundenen Reihen ist gleich der des gegebenen Vectors:	sind (die Indices von) zwei Vicinalreihen, die sich der gegebenen Zielfläche immer mehr nähern. Der Unterschied der Indices zweier aufeinanderfolgender Flächen dieser Reihen ist gleich den Indices der Zielfläche, deren Masche

im kubischen System

$$\sqrt{h^2+k^2+l^2}.$$

Beim Aufsuchen von Näherungsformen nimmt man die ersten Glieder der Vicinalreihen, deren Indices kleiner sind, als die der gegebenen Form. Bei Wiederholung dieser Methode werden die Indices immer kleiner, die gefundenen Näherungsformen entfernen sich aber immer mehr von der gegebenen Form.

Die für das Hexakisoktaëder von größter Oberfläche gefundenen Indices verhalten sich ungefähr wie

$$1:0{,}546:0{,}2524 = 396:216:1000 = 99:54:25.$$

Für die Ebene (99.54.25) finden wir den dichtesten Vector $[1.\bar{6}.9]$.

Die Gleichungen
$$25y - 54z = \pm 1$$
liefern die Lösungen
$$y = 54v \pm 13,$$
$$z = 25v \pm 6.$$

$v = \begin{cases}0\\1\end{cases}$ und die Bedingung $x - 6y + 9z = 0$ gaben $\xi_1 = 24$, $\xi_2 = 75$.

Die ersten Näherungsformen sind somit

(24.13.6) und (75.41.19).

Der dichteste Vector der Ebene (24.13.6) ist $(\bar{1}.0.4)$.

Die Gleichungen
$$6y - 13z = \pm 1$$
geben
$$y = 13u \mp 2,$$
$$z = 6u \mp 1.$$

$u = \begin{cases}1\\0\end{cases}$ mit der Bedingung $x = 4z$ gibt $\xi_1 = 20$, $\xi_2 = 4$ und die Näherungsformen (20.11.5) und (4.2.1).

Für (20.11.5) findet man ebenso (16.4.9) und (4.2.1).

Es treten also hier die nämlichen Näherungsformen auf, wie die S. 281 durch Probieren gefundenen.

Wird die nämliche Aufgabe mit der Kettenbruchmethode[1]) gelöst, so ergibt sich

3	99	54	25	2
6	25	24	4	6
	4	1	0	

$$3\,.\,[1.0.0] + 2\,.\,[0.1.0] + [0.0.1] = [3.2.1]$$
$$6\,.\,[3.2.1] + 6\,.\,[1.0.0] + [0.1.0] = [24.13.6]$$
$$4\,.\,[24.13.6] + 1\,.\,[3.2.1] = [99.54.25].$$

Hier tritt also der falsche Näherungswert [3.2.1] auf.

Nimmt man die genaueren Zahlen auf S. 279, so tritt noch der falsche Näherungswert [23.13.6] hinzu.

Für das Beispiel

$$[11.6.4] = 2\,.\,[5.3.2] + 0\,.\,[2.1.1] + [1.0.0]\,^{1)}.$$

finden wir in der Ebene $(0.\bar{2}.3)$ außer dem Näherungswert [5.3.2] den ebensoguten [6.3.2].

Das weitere Beispiel

$$[85.71.62] = 3\,.\,[19.16.14] + 2\,.\,[10.8.7] + [8.7.6]$$

liefert in der Ebene $(5.1.\bar{8})$ die Vectoren

$$[48.40.35] \quad \text{und} \quad [37.31.27].$$

Der letztere Vector zerfällt in

$$[19.16.14] \quad \text{und} \quad [18.15.13] \quad (\text{Ebene } (2\bar{5}3))$$

und dieser wieder in

$$[11.9.8] \quad \text{und} \quad [7.6.5] \qquad (\text{Ebene } (\bar{3}13)).$$

[19.16.14] ist beiden Methoden gemeinsam; [11.9.8] ist besser als [10.8.7], [7.6.5] etwas schlechter als [8.7.6].

1) E. Sommerfeldt, Geometrische Krystallographie, Leipzig 1906, S. 98.

XX. Auszüge.

---

1. L. Duparc, M. Wunder und **R. Sabot** (in Genf): **Die Mineralien der Pegmatite in der Umgebung von Antsirabé auf Madagascar** (Mém. Soc. phys. et hist. nat. de Genève 1910, 36, III, 283—410. Vergl. auch Bull. soc. fr. min. 1910, 33, 53).

In einer kurzen Einleitung wird zunächst ein allgemeiner Überblick über die Geologie Madagascars gegeben. Darauf folgt eine eingehende geologisch-petrographische Beschreibung der Pegmatitgänge im Gebiet von Antsirabé. Die Pegmatite finden sich meist in Form von Lagergängen in Sandsteinen und Kalksandsteinen, die an der Grenze deutliche Contactmetamorphose erkennen lassen. Die Hauptbestandteile der granitischen Pegmatitgänge sind Mikroklin (mitunter als Amazonenstein) und Quarz, ein weiterer Bestandteil (der jedoch nicht in allen Gängen auftritt), ist violetter oder farbloser Lepidolith. Die Korngröße der Pegmatitgänge ist sehr wechselnd, selbst in ein und demselben Gange. Die häufigsten accessorischen Mineralien sind Turmalin, Beryll, Spodumen, Spessartin. In Dünnschliffen der feinkörnigen Gangmassen wurden auch Plagioklase in reichlicher Menge angetroffen, zahlreiche optische Bestimmungen ergaben, daß Glieder der Albit-Oligoklasgruppe vorlagen. Die Pegmatitgänge der einzelnen Gebiete werden ausführlich beschrieben und ihr geologisches Auftreten an der Hand zahlreicher Profile und Karten erläutert. An vielen Stellen werden die accessorischen Mineralien der Pegmatite als Edelsteine gewonnen.

In dem zweiten Teile der Monographie werden die einzelnen Mineralien beschrieben.

Kalifeldspat: Weißer Mikroklin von Antsongombato (I.) und Amazonenstein von Antaboko (II.) hatten folgende Zusammensetzung:

	I.	II.
SiO_2	64,36	63,55
Al_2O_3	18,12	18,55
Fe_2O_3	0,45	0,34
CaO	0,33	0,36
MgO	Spuren	0,10
K_2O	13,63	13,90
Na_2O	3,05	3,30
	99,94	100,10
Dichte	2,5619	2,5762

Die Brechungsquotienten sind:

I.

	α	β	γ
Li	1,5157	1,5189	1,5213
Na	1,5182	1,5220	1,5248
Tl	1,5212	1,5252	1,5279

II.

	α	β	γ
Li	1,5154	1,5193	1,5218
Na	1,5181	1,5227	1,5255
Tl	1,5210	1,5259	1,5285

Lithiumglimmer: Die Verff. untersuchten violetten, pleochroitischen Lepidolith von Antsongombato (I.), farblosen Lepidolith von Antaboko (II.) und einen schwarzen Lithiumglimmer von Antaboko (III.). Die Analysen ergaben:

	I.	II.	III.
SiO_2	55,97	57,25	45,88
Al_2O_3	17,70	17,65	20,80
Fe_2O_3	0,68	0,51	0,97
FeO	—	—	9,65
CaO	—	—	—
MgO	0,09	0,17	0,13
MnO	0,58	0,24	1,74
K_2O	10,14	10,11	9,11
Na_2O	0,82	0,78	0,96
Li_2O	4,71	5,42	3,78
F	7,12	6,28	5,12
H_2O	2,24	1,38	1,48
	100,05	99,79	99,62
Dichte	2,7995	2,8037	2,9724

Die Brechungsquotienten und Axenwinkel sind für *Na*-Licht:

	α	β	γ	$2E_\alpha$
I.	1,5318	1,5522	1,5562	74°23′
II.	1,5307	1,5570	1,5621	74 0
III.	1,5880	1,6476	1,6521	52 25 —57° 17′

Der Quarz der Pegmatitgänge bietet nichts von besonderem Interesse, seine Krystalle zeigen nur die gewöhnlichsten Formen.

Beryll: Rosa Beryll von Tsilaisina in dickprismatischen Krystallen der Combination $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$, $\{11\bar{2}1\}$ ergab bei der Analyse die Zusammensetzung:

SiO_2	64,76
Al_2O_3	18,14
BeO	13,76
MnO	0,003
Li_2O	0,04
Na_2O	0,73
K_2O	0,15
H_2O	2,24 (Glühverlust)
	99,82

Die Dichte (Mittel zahlreicher Bestimmungen) beträgt 2,7165. Die Lichtbrechung wurde nach verschiedenen Methoden bestimmt, die Mittelwerte sind:

	Prismenmethode:		Totalreflectometer:	
	α	γ	α	γ
Li	1,5728	1,5790	1,5733	1,5795
Na	1,5758	1,5820	1,5760	1,5822
Tl	1,5786	1,5848	1,5786	1,5848

Nur Spuren anomaler Zweiaxigkeit wurden beobachtet.

Rosagefärbter Beryll von Tsanvovona lag nur in Form eines geschliffenen Steines vor, die Dichte betrug 2,7027, die Brechungsquotienten (*Na*) 1,5782 und 1,5725.

Beryll der gleichen Farbe von Maharitra bildete dünne Tafeln nach der Basis, an denen von den Verff. die Formen $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $\{33\bar{6}4\}$ nachgewiesen wurden, farblose Krystalle desselben Habitus zeigten $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}1\}$, $\{33\bar{6}4\}$. Die Dichte des rosaroten Berylls ist 2,8808, die Lichtbrechung:

	α	γ
Li	1,5886	1,5968
Na	1,5921	1,6002
Tl	1,5955	1,6033

Das Vorkommen zeigt anomale Zweiaxigkeit mit $2E$ bis $4^0 54'$.

Aquamarin von Tétéhina bildet große Prismen mit Basis, die oft großenteils kaolinisiert sind. Die Dichte des frischen Materials beträgt 2,7116. Die Brechungsquotienten sind:

	α	γ
Li	1,5728	1,5787
Na	1,5756	1,5818
Tl	1,5791	1,5850

Das Mineral ist deutlich pleochroitisch, γ farblos, α himmelblau. Die Krystalle sind zweiaxig, $2E = 9^0 44'$.

Aquamarin von Ambatolampy zeigte dieselbe Krystallform, seine Dichte wurde zu 2,7186 bestimmt (Mittelwert), die Lichtbrechung zu:

	α	γ
Li	1,5748	1,5806
Na	1,5774	1,5834
Tl	1,5801	1,5867

Der Pleochroismus ist γ sehr blaßblau, α himmelblau; $2E$ beträgt $10^0 12'$.

Aquamarin in hexagonalen Prismen von Antaboko besaß die Dichte 2,7477 und die Lichtbrechung:

	α	γ
Li	1,5798	1,5865
Na	1,5831	1,5899
Tl	1,5864	1,5931

Pleochroismus: γ blaß bläulich, α rein blau; $2E = 5^0 23'$.

Ferner wird Aquamarin in hexagonalen Prismen mit Basis von Tongaféna beschrieben, seine Dichte beträgt 2,7379, seine Lichtbrechung:

	Blaue Varietät:		Grünliche Varietät:	
	α	γ	α	γ
Li	1,5736	1,5863	1,5740	1,5803
Na	1,5791	1,5856	1,5778	1,5834
Tl	1,5823	1,5886	1,5805	1,5867

Pleochroismus: γ blaßblau, α ziemlich dunkelblau; $2E$ wurde zu $8^0\,42'$ gemessen.

Turmalin: Ein langer Abschnitt der Monographie ist den mannigfaltigen Turmalinvorkommen Madagascars gewidmet.

Da es unmöglich ist, in Form eines kurzen Auszuges die optischen Untersuchungen vollständig wiederzugeben, sei bezüglich dieser auch auf das Original verwiesen.

Rubellit von Antsongombato kommt in Krystallen verschiedener Typen vor. Der hexagonale Typus zeigt die Formen $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{02\bar{2}1\}$, $\{01\bar{1}1\}$. Der trianguläre Typus zeigt im Gegensatz zu dem Vorigen die Flächen $\{10\bar{1}0\}$ in der Prismenzone vorherrschend, daneben finden sich $\{11\bar{2}0\}$, $\{41\bar{5}0\}$, $\{0001\}$, $\{02\bar{2}1\}$, $\{10\bar{1}1\}$. Die Krystalle sind aus zahlreichen Schichten verschiedener Farbe aufgebaut; folgende Tabelle zeigt die Variation der Lichtbrechung mit der Farbe des Turmalins (*Na*-Licht):

	α	γ
Tiefroter Krystall Nr. 13	1,6251	1,6448
» » Nr. 8	1,6231	1,6425
Hellroter » Nr. 4	1,6205	1,6391
Noch heller roter Krystall, Randzone von Nr. 13	1,6199	1,6376

Die Dichte der tiefroten Krystalle beträgt 3,0483. Die Analyse der tiefroten Varietät Nr. 3 ist weiter unten als I. angeführt, die der heller roten Varietät Nr. 4 als II.

Die Brechungsquotienten und Axenwinkel der analysierten Krystalle sind weiter unten zusammengestellt.

Rubellit von Maroando in abgebrochenen Prismen des hexagonalen Typus wurde ebenfalls eingehend optisch untersucht, seine Dichte wurde zu 2,9782 bestimmt, die Analyse und die optischen Daten sind unter III. angeführt.

Die vielfarbigen Turmaline von Tsilaisina wurden besonders eingehend untersucht. Der einzige Krystall mit Endbegrenzung zeigte die Combination des hexagonalen (herrschenden) und des trigonalen Prismas mit $\{07\bar{7}2\}$. Die Krystalle sind in der Regel aus concentrischen Schichten verschiedener Farbe aufgebaut, selten ist ein Aufbau aus verschiedenfarbigen Platten parallel der Basis.

Die Analyse und die Brechungsquotienten eines rosa Turmalins von diesem Fundort sind weiter unten als IV. angeführt, die Dichte des Materials beträgt 3,061. Eine Analyse und Brechungsquotienten strohgelben Turmalins sind in der Tabelle als V. wiedergegeben, die Dichte wurde zu 3,102 bestimmt. Ferner untersuchten die Verff. braunen Turmalin desselben Fundortes, das Analysenmaterial stammt von drei verschiedenen Krystallen (Analyse VI.). Die optische Untersuchung wurde an allen drei Krystallen durchgeführt, in der Tabelle der Brechungsquotienten sind nur die Zahlen für den Krystall mittlerer Färbung wiedergegeben, die Dichten wurden zu 2,978, 3,072, 3,106 bestimmt. Schwarzer Turmalin dieses Vorkommens mit der Dichte 3,1269 ergab die unter VII. angeführten Zahlen. Ein Vergleich der verschiedenen Turmaline von Tsilaisina

ergibt ein Steigen der Brechungsquotienten und der Absorption mit steigendem Gehalt an Monoxyden und an Eisenoxyd, während gleichzeitig die Alkalien an Menge abnehmen. Rubellit von Antandrokomby zeigte Krystalle des hexagonalen Typus mit $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{02\bar{2}1\}$. Bezüglich der optischen Constanten muß auf das Original verwiesen werden, die Dichte wurde zu 3,0201 bestimmt. Von Ataboko stammen große Krystalle desselben Typus. Die Farbe des Kernes ist violettrot, dieser Kern ist von einer dünnen grünlichen Hülle umgeben. Die Dichte beträgt 3,0474, Analyse und Brechungsquotienten sind unter VIII. angeführt. Endlich untersuchten die Verff. noch schwarzen Turmalin eines unbekannten Vorkommens von Madagascar, welcher folgende Formen zeigte: $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{01\bar{1}1\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $\{32\bar{5}1\}$, von denen $\{11\bar{2}0\}$ und $\{01\bar{1}1\}$ vorherrschten.

Analysen der Turmaline von Madagascar:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
SiO_2	37,72	37,78	37,06	37,52	36,77	35,79	35,54	37,29
Al_2O_3	41,14	41,25	40,53	40,08	39,12	40,06	37,43	38,91
Fe_2O_3	0,65	0,42	0,40	0,40	0,58	0,61	4,07	0,78
MnO	1,72	1,83	1,23	0,63	5,14	5,85	5,69	0,52
CaO	0,90	1,03	2,58	2,44	0,77	0,90	0,58	1,10
MgO	0,24	0,20	0,43	0,39	0,21	0,19	0,13	0,30
F	0,78	0,81	1,23	1,05	1,24	0,90	0,73	1,40
Li_2O	1,13	1,01	0,11	0,66	0,59	0,18	0,11	1,03
Na_2O	2,12	2,39	0,80	1,58	1,47	1,22	1,43	0,76
K_2O	0,09	0,08	0,13	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
B_2O_3	9,58	9,46	11,03	10,70	9,90	10,22	10,97	10,05
H_2O	4,16	4,08	4,02	4,14	3,88	3,81	3,44	4,39
	100,23	100,34	99,55	99,68	99,77	99,83	100,22	99,63

Folgende Tabelle zeigt die Brechungsquotienten der analysierten Krystalle, sowie den Winkel der optischen Axen bei anomaler Zweiaxigkeit:

		α	γ	$2E$			α	γ	$2E$
I.	*Li*	1,6200	1,6391		II.	*Li*	1,6176	1,6360	
	Na	1,6231	1,6425	5° 32′		*Na*	1,6205	1,6391	5° 3′
	Tl	1,6261	1,6455			*Tl*	1,6235	1,6421	
III.	*Li*	1,6200	1,6374		IV.	*Li*	1,6185	1,6344	
	Na	1,6246	1,6408	14° 5′		*Na*	1,6214	1,6374	7° 33′
	Tl	1,6276	1,6441			*Tl*	1,6247	1,6410	
V.	*Li*	1,6190	1,6388		VI.	*Li*	1,6213	1,6426	
	Na	1,6224	1,6430	8° 5′		*Na*	1,6244	1,6470	8° 54′
	Tl	1,6254	1,6464			*Tl*	1,6278	1,6507	
VII.	*Li*	1,6249	1,6491		VIII.	*Li*	1,6229	1,6373	
	Na	1,6279	1,6525	fast 0		*Na*	1,6256	1,6411	6° 20′
	Tl	1,6313	1,6565			*Tl*	1,6287	1,6446	

In einem besonderen Abschnitt werden die Beziehungen zwischen Lichtbrechung, Färbung und Zusammensetzung der Turmaline discutiert. Die Färbung

wird wesentlich dem Mangangehalt zugeschrieben. Der Zonenbau der Krystalle wird auf Änderungen in der Zusammensetzung der Mutterlauge während der Krystallisation zurückgeführt.

Spodumen: In den Pegmatitgängen von Madagascar ist Spodumen (Triphan) ein ziemlich häufiges Mineral, die Verff. untersuchten Material von Maharitra. Sie fanden:

	Rosarote Varietät:			Weiße Varietät:		
	α	β	γ	α	β	γ
Li	1,6567	1,6617	1,6722	1,6567	1,6617	1,6719
Na	1,6603	1,6653	1,6758	1,6604	1,6648	1,6755
Tl	1,6634	1,6681	1,6794	1,6634	1,6680	1,6791
Dichte:		3,1766			3,1694	

Grüne Varietät:

	α	β	γ
Li	1,6652	1,6682	1,6773
Na	1,6682	1,6712	1,6815
Tl	1,6717	1,6742	1,6837
Dichte:		3,1868	

Sowohl die rosarote Varietät (I.), als auch die grüne (II.) wurden analysiert:

	I.	II.
SiO_2	63,85	62,21
Al_2O_3	29,87	29,79
Fe_2O_3	0,15	2,48
MnO	Spuren	Spuren
MgO	0,13	Spuren
CaO	0,52	0,50
Li_2O	3,76	4,02
Na_2O	0,98	1,03
K_2O	0,13	0,21
Glühverlust	0,37	0,25
	99,76	100,51[1])

Spessartin: Mangangranat ist ein sehr constanter accessorischer Gemengteil der Pegmatite von Madagascar. Spessartin von Tsilaisina ergab folgende Brechungsquotienten: *Li* 1,7989, *Na* 1,7998, *Tl* 1,8046.

Die Dichte beträgt 4,0586, die Zusammensetzung ist:

SiO_2	35,76
TiO_2	0,10
Al_2O_3	21,06
Fe_2O_3	1,78
MnO	39,40
CaO	1,23
MgO	1,46
	99,79

Nach einigen Bemerkungen über die selteneren Mineralien der Pegmatite (Bityit, Danburit, Hambergit, Rhodizit) beschreiben die Verff. den Cordierit vom Ibity, der allerdings nicht in Pegmatitgängen vorkommt, sondern in Glimmer-

1) Soll heißen 100,49. Der Ref.

schiefer. Folgende Werte der Brechungsquotienten und Axenwinkel wurden gefunden (Mittelwerte aus mehreren Bestimmungen):

	α	β	γ	$2V$
Li	1,5359	1,5414	1,5444	69° 38′
Na	1,5392	1,5443	1,5475	70 10
Tl	1,5423	1,5473	1,5506	71 12

Pleochroismus: α fast farblos, β dunkel violettblau, γ hellblau. Die Dichte wurde zu 2,5933 bestimmt; die Analyse ergab:

SiO_2	49,05
Al_2O_3	33,08
Fe_2O_3	0,83
FeO	4,38
MgO	11,04
Glühverlust	1,64
	100,02

Ref.: V. M. Goldschmidt.

2. F. Millosevich (in Florenz): **Eine kobalthaltige Calcitvarietät von Capo Calamita auf der Insel Elba** (Rend. R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sem., 91—92).

Die vom Verf. untersuchte Calcitvarietät stammt aus dem bekannten Kobaltblütevorkommen der Localität Francesche a Mare, in der Nähe vom Capo Calamita, und war früher als Erythrin angesehen worden. Sie bildet eine krystallinische Masse mit kugelig-blättriger Structur, und zeigt rhomboëdrische Spaltbarkeit. Spec. Gewicht 2,75. Die Härte ist etwas höher als jene des isländischen Doppelspates. Die Farbe ist pfirsichblütrot mit einem Stich ins Violette und von verschiedenen Nuancen. Die Analyse ergab:

CaO	54,41
CoO	1,27
FeO	0,15
MgO	0,27
MnO	Spur
CO_2	43,55
	99,65

Es handelt sich also um eine kobalthaltige Calcitvarietät mit der Zusammensetzung 97,16 $CaCO_3$, 2,02 $CoCO_3$, 0,24 $FeCO_3$, 0,56 $MgCO_3$. Verf. schlägt vor, diese und ähnliche Calcitvarietäten mit den Namen Kobaltocalcit zu bezeichnen.

Das analysierte Material saß auf einem sehr dichten Limonitmagnetitgestein und war von undurchsichtigem, weißlichem oder schwach rosigfarbigem Calcit begleitet. Dieser Calcit, welcher älter zu sein scheint, ist hier und da von Limonit bedeckt.

Ref.: F. Zambonini.

3. E. Artini (in Mailand): **Krystallographische Untersuchung einiger Cholesterin- und Phytosterinderivate** (aus: A. Menozzi und A. Moreschi:

Untersuchungen in der Cholesteringruppe. Abh. VI und VII. Rendiconti R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sém, 126—129 und 187—192).

Über die Identität des Bibromacetat des aus den Chrysaliden des Seidenwurmes erhaltenen Cholesterin mit dem Bibromacetat des Galle-Cholesterins. A. Menozzi und A. Moreschi haben in dem Fett der Chrysaliden des Seidenwurmes Cholesterin gefunden: das Bibromacetat ist nach Artini identisch mit der monoklinen Modification des Bibromacetat des gewöhnlichen Cholesterin, welches V. v. Zepharovich krystallographisch untersucht hat (diese Zeitschr. **15**, 225).

Die von Artini gemessenen Krystalle sind nach b verlängert und zeigen die Formen $\{100\}$, $\{001\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{011\}$, $\{\bar{1}11\}$, $\{\bar{1}12\}$. Die Messungen ergaben:

	Cholesterinbibromacetat aus den Chrysaliden nach Artini:	der Galle nach Zepharovich:
$(100):(001)$ =	82° 36′	82° 9′
$(100):(10\bar{1})$	29 14	29 4
$(001):(011)$	68 7	68 17
$(\bar{1}12):(001)$	60 51	61 10
$(\bar{1}00):(\bar{1}11)$	56 53	56 43
$(100):(011)$	87 29	87 5
$(\bar{1}00):(\bar{1}12)$	62 28	62 47

Phytosterinderivate. Der Phytosterin stammt aus Nußbaumöl.

1. Phytosterin. Sehr unvollkommene, nach $\{001\}$ blätterige, monokline Krystalle, welche nach b verlängert sind. Die Basisflächen sind stark gestreift parallel [010]: in dieser Zone liegen einige unbestimmbare Pinakoide mit schmalen Flächen. Gemessene Winkel: $(110):(\bar{1}10) = 74\frac{1}{2}°$ ca., $(110):(001) = 85\frac{1}{2}°$ ca. Ebene der optischen Axen parallel (010): die spitzen, positiven Mittellinien treten aus der Basis schief hervor. Am Rand des Gesichtsfeldes ist eine optische Axe sichtbar. Die mitgeteilten krystallographischen Eigenschaften stimmen mit jenen des aus dem Baumwollenöl dargestellten Phytosterin überein.

2. Phytosterinbenzoat.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}716:1:0{,}217$.

Beobachtete Formen: $\{010\}$, $\{110\}$, $\{011\}$, $\{012\}$. Kleine nach a verlängerte und nach $\{010\}$ tafelförmige Krystalle. Fundamentalwinkel: $(010):(110) = 54° 23'$ $(010):(011) = 77° 46'$. Spuren von Spaltbarkeit nach $\{001\}$. Ebene der optischen Axen $\{010\}$. Die spitze, negative Mittellinie ist senkrecht zu (001). $2H_a = 82° 28'$ (*Na*) im Olivenöl.

Ref.: F. Zambonini.

4. C. Viola (in Parma): **Über die Bestimmung des Brechungsexponenten unter dem Mikroskop** (Rendiconti R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sem., 192—197).

E. Clerici (diese Zeitschr. **46**, 394) hat eine einfache Methode vorgeschlagen, um den Brechungsexponenten von Flüssigkeiten unter dem Mikroskop zu messen. Der Verf. teilt eine neue, sehr einfache Theorie des Verfahrens von Clerici mit, und findet, daß der Brechungsindex einer Flüssigkeit mit einer Genauigkeit von vier Einheiten ca. der dritten Decimalstelle bestimmt

werden kann, wenn die Genauigkeit in der Messung der Verschiebung der transversalen Linie des Objectglases (man vergl. die Beschreibung der Methode Clerici's, diese Zeitschr. **46**, 394) 0,01 mm erreicht. Um eine solche Genauigkeit zu erreichen, schlägt Verf. vor, den Clerici'schen Apparat auf einem Objectträger zu construieren, auf welchem ein Millimeter in 50 Teile geteilt gezeichnet ist. Man kann dann unter dem Mikroskop die auf dem Objectglase gezeichnete transversale Linie durch die Flüssigkeit und durch die zwei Prismen von Glas und Flüssigkeit sehen. Auf der Skala ist es daher möglich die Verschiebung direkt zu messen.

Ref.: F. Zambonini.

5. A. Serra (in Sassari): **Über die Tschermak'schen Kieselsäuren** (Rendiconti R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sem., 202—205).

Die von Tschermak (diese Zeitschr. **41**, 508) für die Bestimmung der Kieselsäuren, aus welchen die natürlichen Silicate abgeleitet werden können, vorgeschlagene Methode hat nicht immer zu wahrscheinlichen Resultaten geführt, und wurde von Jordis, Mügge, van Bemmelen und Zambonini als nicht einwandfrei betrachtet. Der Verf. hat auf Veranlassung des Ref. eingehende Versuche am Leucit unternommen, um festzustellen, ob die Versuchsbedingungen die Zusammensetzung der erhaltenen Säuren beeinflussen. Der angewandte Leucit stammte aus den Tuffen des bekannten Vorkommen »il Tavolato«, in der Nähe Roms: er bildete deutliche, sehr reine Krystalle, welche einer weiteren, sehr sorgfältigen Reinigung unterworfen wurden. Der Leucit wurde feingepulvert und gesiebt, um ein homogenes Pulver zu erhalten. Das Mineral wurde durch HCl von der Dichte 1,19, 1,072, 1,050 zersetzt. Jedesmal wurden 2 g Leucit angewandt, welche der Einwirkung einer verschiedenen Menge Säure unterworfen wurden. Wenn das Mineral vollständig zersetzt war und die entstandene Kieselsäure sich am Boden des Beckerglases gesammelt hatte, wurde die Chlorwasserstoffsäure abgesaugt und jeden Tag durch ein gleiches Volum Wasser bis zum Verschwinden der HCl-Reaction mit $AgNO_3$ ersetzt. In den Versuchen Nr. 6, 12 und 18 wurde das Mineral bei Wasserbadtemperatur zersetzt: das Waschen der Kieselsäure geschah bei Zimmertemperatur (14° C.). In den Versuchen Nr. 5, 11, 17 wurde das Mineral bei 40° zersetzt, und das Waschen geschah bei derselben Temperatur. In den bei höheren Temperaturen ausgeführten Versuchen wurde dafür gesorgt, daß die Menge und die Concentration der Chlorwasserstoffsäure constant blieb.

Die aus allen Versuchen erhaltene Kieselsäure hatte ein zwischen dem gallertartigen und dem pulverigen liegendes Aussehen: sie wurde auf ein Uhrglas gesammelt und bis zum constanten Gewicht getrocknet. Das constante Gewicht wurde so schnell erreicht, daß es unmöglich war, den Knick Tschermak's zu bestimmen. Dies beeinflußt nicht die Resultate der Versuche, weil die Kieselsäuren jedenfalls in dem gleichen Zustand übergeführt worden sein müßten, wenn sie wirklich identisch wären.

Die Resultate des Verfs. sind in der Tabelle auf S. 303 oben zusammengestellt.

Je nach der Menge und der Concentration der Chlorwasserstoffsäure, sowie der Temperatur, bei welcher das Mineral zersetzt wird, enthält die aus dem Leucit erhaltene Kieselsäure eine sehr wechselnde Wassermenge, welche zwischen 20 und 31,80 % schwankt. Der Leucitsäure kommen also die zwei Endformeln $H_{10}Si_6O_{17}$ und $H_6Si_2O_7$ zu.

Versuch:	Dichte d. HCl	HCl-Menge ccm:	Temperatur:	Erhaltene Kieselsäuremenge g:	H_2O-Gehalt:	Für das Waschen angewandte Zeit:
1	1,19	100	14° C.	1,0780	23,00 %	12 Tage
2	1,19	200	14	1,2960	23,22	12 »
3	1,19	200	14	1,3060	23,20	12 »
4	1,19	400	14	1,2100	23,47	12 »
5	1,19	200	40	1,2280	26,14	11 »
6	1,19	200	Wasserbad	1,1290	20,90	10 »
7	1,07	100	14	1,3190	26,76	10 »
8	1,07	200	14	1,2300	24,23	10 »
9	1,07	200	14	1,3950	24,27	10 »
10	1,07	400	14	1,2790	24,55	9 »
11	1,07	200	40	1,1300	20,10	9 »
12	1,07	200	Wasserbad	1,1400	22,11	8 »
13	1,05	100	14	1,2620	25,67	10 »
14	1,05	200	14	1,4720	27,03	11 »
15	1,05	200	14	1,2200	25,00	10 »
16	1,05	400	14	1,3280	25,68	9 »
17	1,05	200	40	1,0440	31,80	8 »
18	1,05	200	Wasserbad	1,2490	24,90	8 »

Der Verf. bemerkt, daß seine Versuche das Maß ihrer Genauigkeit an sich selbst zeigen; bei jeder Versuchsreihe haben die zwei, unter denselben Bedingungen ausgeführten Versuche zu übereinstimmenden Resultaten geführt. Die Einwände, welche gegen die Tschermak'sche Methode erhoben wurden, waren also gerechtfertigt.

Ref.: F. Zambonini.

6. E. Repossi (in Mailand): **Der Andalusit von Musso (Comer-See)** (Rendiconti R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sem., 201—295).

In den Gneißen und Glimmerschiefern des rechten Ufers des Comer-Sees, zwischen Rezzonico und Gravedona, kommen häufig Quarzlinsen und -schichten vor, welche immer im vollkommenen Concordanz mit den feinschieferigen und nahezu phyllitischen Gesteinen liegen, welche sie enthalten. In der Nähe von Musso, genauer bei der Ortschaft Genico, etwa 100 Meter über dem See, hat Verf. in solchen Quarzlinsen und in einem aus ihnen stammenden Block große Andalusitkrystalle gefunden. Es handelt sich um ein Vorkommen, welches jenen von der Lisenzer Alp, vom Pitztal, vom Vorarlberg usw. nahezu identisch ist, aber in Italien noch nicht beobachtet worden war.

Die Quarzlinsen mit und ohne Andalusit sind durch eine Glimmerkruste bedeckt; auf ihrer Oberfläche liegen manchmal Staurolithkrystalle, aber in der Quarzmasse hat Verf. nur den Andalusit (selten) mit seinen Zersetzungsproducten, etwas Sillimanit und Muscovit beobachtet. Das Gestein von Genico, welches die Andalusitquarzlinse umschließt, ist ein Gneiß mit zwei Glimmern, welcher an großen und gut ausgebildeten Staurolithkrystallen reich ist. Der Andalusit fehlt, wie dies an den erwähnten ähnlichen Vorkommen der Fall ist.

Die Andalusitkrystalle sind gewöhnlich nach c verlängert, aber manchmal erscheinen sie dicker. Die größten Krystalle erreichen 7—8 cm Länge und 3—4 cm Breite. Sie sind fast vollkommen mit Muscovit bedeckt und flächenarm; Verf. hat $\{110\}$, $\{010\}$, sowie unsicher $\{101\}$ beobachtet. Die Krystalle

sind meist oberflächlich umgewandelt, und dann wechselt ihre Farbe vom Grünlichgelben bis zum Grünlichgrauen oder -bläulichen; der Glanz wird ziemlich fettig. Die frischen Krystalle sind pfirsich- oder carminrot; diese Farbe kommt auch im Inneren der oberflächlich zersetzten Krystalle vor. Pleochroïsmus deutlich; $\mathfrak{c}$ und $\mathfrak{b}$ farblos oder schwach grünlich; $\mathfrak{a}$ = pfirsichrot. Härte höher als 7 in den frischen, niedriger als 3 in den zersetzten, talkähnlichen Teilen. Spec. Gewicht der reinen und frischen Stückchen 3,144^0 bei 20^0 C. (mit der Schwebemethode bestimmt).

Die untersuchten Krystalle sind fast immer oberflächlich in einer Substanz mit talkähnlichem Aussehen umgewandelt, welche nach Verf. Sericit ist. Bekanntlich glauben einige Forscher, daß die Muscovitblättchen, welche oft regelmäßig auf den Andalusitkrystallen sitzen, eine primäre Verwachsung beider Mineralien darstellen, während andere den Muscovit als ein Umwandlungsproduct des Andalusit selbst betrachten. Verf. schließt sich dieser letzten Meinung an: er hat Krystalle gesammelt, welche zu einem Ende nur aus Muscovit bestehen, sowie einige andere gefunden, welche vollständige Pseudomorphosen von Muscovit nach Andalusit darstellen. Der Verf. bemerkt auch, daß der Muscovit, welcher den Andalusit bedeckt, ein normaler Muscovit mit großem Winkel der optischen Axen ist, während der Muscovit der Quarzlinsen, welcher einen anderen Ursprung besitzt, sehr kleine Werte für $2E$ zeigt und manchmal nahezu einaxig ist.

Der Sillimanit findet sich manchmal in regelmäßiger Verwachsung mit dem Andalusit. Verf. ist geneigt, eine primäre Verwachsung der zwei Mineralien anzunehmen. Nach ihm handelt es sich nicht um eine Paramorphose von Sillimanit nach Andalusit, weil der Sillimanit auch unabhängig vom Andalusit in den Quarzlinsen vorkommt, und weil die Andalusitkrystalle, welche zum Teil vom Sillimanit bedeckt erscheinen, frisch sind. Ref.: F. Zambonini.

7. **U. Panichi** (in Reggio Calabria): **Bournonit vom Val di Castello (Pietrasanta)** (Rendiconti R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sem., 690—695).

Der Verf. fand gut bestimmbare Bournonitkrystalle in der Galerie der Quelle (Galleria della Fontana, 740 m über Seehöhe), zwischen den Quattro Metati und St. Anna, in den Gruben von Val di Castello. Die Galerie Fontana beginnt in dem porösen Kalkstein und setzt sich fort in den unterliegenden Sericitschiefern, welche der oberen Trias angehören. In einer nach NO. gerichteten Seitengalerie hat Verf. den Bournonit gefunden. Das Dach und zum Teil auch die Wände der Strecke sind mit kleinen weißen, gelben und braunroten, sehr glänzenden und sehr frischen Krystallen von Calcit, Mesitin, Siderit und verwandten Carbonaten bedeckt. Diese Krystalle zeigen rhomboëdrischen Habitus, glänzende aber krumme Flächen; zwischen ihnen finden sich Gypskrystalle, einige kleine Malachitmassen und der Bournonit. Die Krystalle des letzteren kommen manchmal auch auf den Carbonaten vor. Es fehlt jede Spur der Gangart und der ausgebeuteten Mineralien der Gruben von Val di Castello, sodaß Verf. glaubt, daß es sich um eine neue, secundäre Bildung handelt, welche nach der Herstellung der Galerie stattfand. Es ist zu bemerken, daß die Strecken der Gruben von Val di Castello zum Teil sehr alt sind, weil sie von den Etruskern, dann ferner im Mittelalter und nur in kleinerer Masse in recenter Zeit in Betrieb waren. Wenn die Carbonate sich nach der Herstellung der Galerie bildeten, so muß dieses auch für den Bournonit der Fall sein, dessen Krystalle bisweilen auf den Mesitinrhomboëdern sitzen.

Die Bournonitkrystalle sind nach {001} tafelförmig, und erreichen 3—5 mm Länge; die Flächen sind alle eben und glänzend. Die beobachteten Formen sind folgende: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $e\{210\}$, $f\{120\}$, $\vartheta\{430\}$, $\omega\{340\}$, $o\{101\}$, $x\{102\}$, $n\{011\}$, $y\{111\}$, $u\{112\}$, $s\{212\}$. Die größten Flächen sind jene der Basis; ziemlich ausgedehnt sind auch m, u, o, n, weniger y und s, noch kleiner sind die Flächen der anderen Formen. Häufig sind Zwillinge und Polyzwillinge mit {110} als Zwillingsebene. In den Gruppen von Val di Castello handelt es sich nach Verf. immer um Juxtappositionszwillinge. Die gemessenen Winkel stimmen nicht ganz genau mit den auf Grund des Miller'schen Axenverhältnisses berechneten überein. Wegen Mangel an genügendem Material konnte Verf. ein eigenes Axenverhältnis nicht berechnen.

A. d'Achiardi (Miner. toscana 1873, **2**, 335) hat die Bournonitkrystalle der Galerie Santa Barbara der Gruben von Val di Castello als wahrscheinliche Combination der Prismen {011} und {101} und der Pinakoide {100}, {010}, {001} beschrieben; letzteres herrschte stark vor. Der Habitus wäre also von jenem der Krystalle der Galerie der Fontana ganz verschieden; es ist aber nach Verf. möglich, daß A. d'Achiardi, welcher seine Bestimmung nicht als sicher gab, die Pinakoide {100}, {010} mit {110} verwechselt hat; seine Krystalle waren nicht meßbar.

Ref: F. Zambonini.

8. F. Stella-Starrabba (in Palermo): **Der Melilith in den Einschlüssen der ätnaischen Laven** (Rendiconti R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sem., 755—758).

In den Laven der bedeutenden Ätnaausbrüche von 1886, 1892 und 1910, sowie in dem kleinen Lavastrom von 1883 kommen häufig allogene Einschlüsse vor, welche als Trümmer der Sedimentär- oder krystallinischen Gesteine zu betrachten sind, welche die Basis des Vulkans bilden und von den Laven mitgerissen wurden. Die häufigsten Einschlüsse bestehen vorwiegend aus Quarz; seltener sind jene, welche aus Kalk oder aus wechselnden Schichten von Kieselschiefern und thonigem Kalk bestehen. Am Contact zwischen dem Kalk und dem Kieselschiefer bemerkt man Leistchen und kleine Adern einer braunen, krystallinen Substanz, welche Verf. als Melilith identificiert hat. Am Ätna war bis jetzt dieses Mineral noch nicht gefunden worden. Die Melilithkrystalle zeigen die Formen {100} und {001}; die Spaltbarkeit nach der Basis ist deutlich. Optisch einaxig, negativ; die Doppelbrechung ist niedrig. Spec. Gewicht 2,934 (mit der Schwebemethode bestimmt). Härte 5,5. Die chemischen Eigenschaften stimmen mit jenen des Meliliths überein.

Nach Verf. ist der von ihm gefundene ätnaische Melilith als eine Contactbildung anzusehen, welche bei der Einwirkung der Laven auf die eingeschlossenen Kalksteine und Kieselschiefer entstand. Verf. vergleicht die Bildungsbedingungen des ätnaischen Meliliths mit jenen des beim Brennen von Portland-Cement entstandenen Meliliths, über welchen Bodländer berichtete.

Ref.: F. Zambonini.

9. L. Magistretti (in Mailand): **Beobachtungen über die Mineralien der Topfsteinbrüche am Sasso di Chiesa (Val Malenco)** (Ebenda 758—762).

Der Steinbruch, an welchem die untersuchten Mineralien gefunden wurden, ist der höchste unter den Steinbrüchen, welche am südlichen Abhang des Sasso

di Chiesa liegen. Seine Seehöhe ist nahezu 1700 m. In den bekannten Steinbrüchen der Pirlo-Alp (östlich von dem in Rede stehenden Steinbruch) sind in dem Chloritschiefer Pyrit, Epidot und Titanit reichlich verbreitet; dies ist auch für die Val Giumellino-Steinbrüche (westlich gelegen) der Fall. In dem hier in Betracht kommenden Steinbruch treten Pyrit, Titanit und Epidot nur ganz untergeordnet hervor, während Magnetit und Ilmenit reichlich vorhanden sind. Wo das Gestein cavernös und rissig ist, sind die Wände der Höhlungen mit schuppigen oder rosettenförmigen Chloritaggregaten bedeckt; zwischen ihnen finden sich Aragonit-, Apatit- und Ilmenitkrystalle. In einem etwas tiefer liegenden Steinbruch hat Verf. auch Granat und Idokras gesammelt.

Die Apatitkrystalle sind meist farblos und wasserhell; nur selten ist eine Limonithaut zu sehen; sie sind dickprismatisch und durch das constante Vorkommen stumpfer Bipyramiden dritter Ordnung charakterisiert. Beobachtete Formen: $c\{0001\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $a\{11\bar{2}0\}$, $r\{10\bar{1}2\}$, $x\{10\bar{1}1\}$, $y\{20\bar{2}1\}$, $v\{11\bar{2}2\}$, $s\{11\bar{2}1\}$, $n\{31\bar{4}1\}$, $\mu\{21\bar{3}1\}$, $i\{21\bar{3}2\}$, $o\{31\bar{4}2\}$. Aus dem Winkel $(10\bar{1}1):(0001) = 40^0 4\frac{2}{3}'$ folgt $c = 0,7287$; es handelt sich also um einen Chlorapatit. Spec. Gewicht 3,151.

Der Chlorit ist wahrscheinlich Klinochlor. Die spitze, negative Mittellinie steht fast immer schief zu den Spaltblättchen; $2E$ ist wechselnd, aber ziemlich groß, γ ist größer als 1,586. In einigen Blättchen nimmt $2E$ von dem Rand nach dem Inneren ab; das Centrum ist nahezu einaxig. Der Aragonit bildet prismatische, wasserhelle Krystalle, welche im Chlorit eingebettet sind. Bisweilen zeigen sie ein keilähnliches Aussehen, wegen der starken Ausdehnung von zwei Flächen einer unbestimmbaren Bipyramide.

Der Granat des anderen, tiefer liegenden Steinbruches kommt in durchsichtigen, honig- bis topasgelben Krystallen $\{110\}$ mit schmalen $\{211\}$-Flächen vor. Der ihn begleitende Idokras bildet Büschel von bräunlichgelben, gestreiften, prismatischen Krystallen.

Ref.: F. Zambonini.

10. E. Artini (in Mailand): **Krystallform des Cholesterinsalicylats** (Rend. R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 1. sem., 782—784).

Das vom Verf. untersuchte Cholesterinsalicylat wurde von A. Menozzi und A. Moreschi durch Schmelzen von Salicylsäure und gewöhnlichem Cholesterin dargestellt, nach welchen ihm die Formel $C_{27}H_{45}.OOC.H_3C_6.OH$ zukommt. Schmelzpunkt 180° C. Linksdrehend $[\alpha]_D^{15^0} = 53,78^0$.

Krystalle aus Chloroform, Essigäther usw.

Triklin pedial. $a:b:c = 0,7736:1:0,5041$.

$$\alpha = 92^0 55' 24'', \quad \beta = 101^0 58' 32'', \quad \gamma = 95^0 14' 10''.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}$, $\{010\}$, $\{0\bar{1}0\}$, $\{\bar{1}\bar{1}0\}$, $\{\bar{1}\bar{2}0\}$, $\{001\}$, $\{00\bar{1}\}$; $\{0\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}\}$. Die aus verschiedenen Lösungsmitteln erhaltenen Krystalle zeigen nahezu denselben Habitus. Die vorherrschenden Formen sind $\{100\}$, $\{010\}$, $\{0\bar{1}0\}$, $\{\bar{1}\bar{1}0\}$; das Fehlen der zu $\{100\}$ und $\{\bar{1}\bar{1}0\}$ parallelen Flächen ist constant und zweifellos; nur an den größeren und unvollkommeneren Krystallen sieht man bisweilen Spuren dieser Flächen, welche unsicher und nicht meßbar sind und daher nicht als den ihnen parallelen gleichwertig zu betrachten sind, welche immer groß und glänzend sind. Die Krystalle sind gewöhnlich nur an einem Ende der c-Axe regelmäßig begrenzt; an dem anderen Ende kommen

meist nur krumme Flächen vor. Gewöhnlich fehlen daher {00$\bar{1}$} und {01$\bar{1}$}. Wenn man einige Tropfen einer in der Wärme gesättigten Essigäther- oder Äthylalkohollösung auf einen Objectträger erkalten läßt, so erhält man zahlreiche, nach {0$\bar{1}$0} tafelförmige Kryställchen, welche ein ausgeprägtes, pediales Aussehen zeigen. Tatsächlich ist (0$\bar{1}$0) links durch die Kante [0$\bar{1}$0 : $\bar{1}\bar{1}$0] regelmäßig begrenzt, während rechts die Spur von (100) nur oben gerade ist, während sie sich nach unten schnell krümmt; ihr folgt die ebenfalls krumme Trace eines anderen, unbestimmbaren Pedions.

	Gemessen:	Berechnet:
(100) : (010) =	*84° 1′	—
(100) : (001)	*77 41	—
(001) : (010)	*85 53	—
($\bar{1}\bar{1}$0) : (0$\bar{1}$0)	*49 5	—
(0$\bar{1}$1) : (0$\bar{1}$0)	*67 0	—
(0$\bar{1}$1) : (100)	81 24	81° 25′
($\bar{1}\bar{1}$0) : (001)	101 42	101 44
(0$\bar{1}$0) : (001)	27 6	27 7
($\bar{1}\bar{1}$0) : (0$\bar{1}$1)	83 40	83 36
($\bar{1}\bar{2}$0) : (0$\bar{1}$0)	31 41	31 33

Auf (0$\bar{1}$0) bildet eine (negative) Auslöschungsrichtung einen Winkel von 36° (gelbes Licht) mit der Kante [$\bar{1}\bar{1}$0 : 0$\bar{1}$0], und zwar im stumpfen Winkel, welchen diese Kante mit [0$\bar{1}$0 : 0$\bar{1}$1] bildet. Die Dispersion der Mittellinien ist ziemlich deutlich. Durch (0$\bar{1}$0) ist eine optische Axe am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar.

Ref.: F. Zambonini.

11. E. Manasse (in Siena): **Oxalit vom Capo d'Arco (Insel Elba)** (Rend. R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 2. sem., 138—145).

In der Nähe der nördlichen Grube von Capo d'Arco (Rio Marina) wurden in einem erdigen, limonitischen Waldboden, welcher aus Material besteht, das aus der Zersetzung des Eisenkieses entstanden ist, kleine Äderchen eines gelben Minerals gefunden, welches vom Verf. als Oxalit (Humboldtin) erkannt wurde. Der Oxalit war bis jetzt in Italien noch nicht beobachtet worden.

Der Oxalit vom Capo d'Arco kommt in durchsichtigen Prismen oder Täfelchen von bernsteingelber Farbe vor: der Glanz ist lebhaft, harzähnlich. Das Mineral zerdrückt sich leicht zu feinen Fasern mit Seidenglanz. Härte = 2 ca.; spec. Gewicht 2,28. Das Pulver ist hellgelb; die Farbe bleibt unverändert, wenn es lange Zeit bei 90°—100° erhitzt wird; bei 130° wird es grünlich. Wird das Pulver geglüht, so entweicht Wasser, und die Farbe ändert sich vorübergehend ins Braungrüne, um bald braunrot zu werden. Das Mineral löst sich in kalter, aber besser in warmer Salzsäure auf. Die qualitative Analyse lehrte, daß das Mineral ein wasserhaltiges Ferrooxalat ist. Für die quantitative Analyse konnte Verf. nur über 0,1478 g reines Material verfügen; 0,0894 g wurden für die Bestimmung von C_2O_3 und FeO, 0,0584 g für jene des Glühverlustes und wieder des Eisens verwendet. Das Wasser wurde aus der Differenz bestimmt. Verf. erhielt:

	I.	II.	Mittel:	Mol.-Verh.:	
C_2O_3	40,18	—	40,18	0,558	1
FeO	40,67	40,77	40,72	0,566	1,01
MgO	Spur	Spur	Spur		
H_2O	—	—	19,10	1,060	1,90
			100,00		
Glühverlust	—	56,18	56,18		

Die Analyse führt also zur Formel $FeC_2O_4 . 2H_2O$, während Rammelsberg für den Oxalit von Luschitz die Formel $2FeC_2O_4 . 3H_2O$ vorgeschlagen hatte. Diese beiden Formeln weichen nur um $0,5 H_2O$ untereinander ab. Um die Frage der chemischen Zusammensetzung des Oxalits zu lösen, hat Verf. das Mineral künstlich dargestellt, indem er Oxalsäure oder Ammoniumoxalat auf Lösungen von $FeCl_2$ oder von Ferroammoniumsulfat einwirken ließ. Er erhielt in den vier Fällen ein gelbes Pulver, welches, wie die mikroskopische Prüfung lehrte, aus sehr kleinen Prismen mit den Eigenschaften des natürlichen Oxalits besteht. Der Verf. hat analysiert: I. das mittelst Oxalsäure und Eisenammoniumsulfat erhaltene Pulver, sowie II. jenes, welches aus Oxalsäure und Ferrochlorür erhalten wurde. Unter III. stehen die Werte, welche die Formel $FeC_2O_4 . 2H_2O$ verlangt.

	I.	II.	III.
C_2O_3	40,34	39,96	40,01
FeO	39,51	40,27	39,96
H_2O	19,72	20,63	20,03
	99,57	100,86	100,00
Glühverl.	55,65	56,11	55,59

Es unterliegt daher keinem Zweifel, daß die Formel des Oxalits $FeC_2O_4 . 2H_2O$ ist.

Die Oxalitkryställchen vom Capo d'Arco gehören zum rhombischen System. Sie sind nach c verlängert; in dieser Richtung erreichen sie selbst 3—4 mm. Beobachtete Formen: {110}, {001}, {100}, {101}, welche die drei Combinationen: {110} {001}; {110} {001} {100}; {110} {001} {101} bilden. Unter diesen Combinationen ist die erste häufig, ziemlich selten die zweite, während die dritte nur einmal gefunden wurde. Die vorherrschende Form ist {110}; häufig sind zwei parallele Flächen dieses Prismas größer als die beiden anderen, sodaß die Krystalle tafelförmig erscheinen. Die {110}-Flächen sind parallel der c-Axe gestreift; doch liefern sie gute Messungen. Die Basis zeigt nicht zu kleine, aber unregelmäßige, gewölbte, zerfressene Flächen. Wenn {100} anwesend ist, besitzt es nur schmale Flächen. {101} hat Verf. nur einmal, mit einer einzigen, schmalen, schlechten und matten Fläche beobachtet, sodaß sie nur Schimmermessungen gestattete. Aus den Winkeln $(110):(1\bar{1}0) = 75^0 24\frac{1}{3}'$ [1] und $(001):(101) = 55^0$ ca. berechnet Verf. das Axenverhältnis $a:b:c = 0,7730:1:1,1039$. Der c-Wert ist nur approximativ.

---

1) Dieser Wert ist aus den acht besten Messungen des Winkels $(110):(1\bar{1}0)$ hergeleitet worden, welche zwischen $75^0 18'$ und $75^0 30'$ schwankten.

	Grenzwerte der Mess.:	Zahl:	Mittel:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$ =	75° 17′— 76° 6′	20	75° 33⅓′	75° 24⅓′
$(110):(\bar{1}10)$	104 4 —104 54	17	104 29	104 35⅔
$(110):(100)$	37 20 — 38 4	12	37 43¾	37 42¼
$(100):(001)$	—	1	89 21	90 0
$(001):(101)$	—	1	55 ca.	55 0

Sehr vollkommene Spaltbarkeit nach {110}; weniger ausgeprägt nach {100} und {010}. Verf. hat auch Spuren einer Trennbarkeit parallel der Basis beobachtet.

Die optische Orientierung ist $\mathfrak{a} = a$, $\mathfrak{b} = b$, $\mathfrak{c} = c$. Deutlicher Pleochroismus: $\mathfrak{a}$ = sehr hell gelblichgrün, nahezu farblos; $\mathfrak{b}$ = hell grünlichgelb; $\mathfrak{c}$ = intensiv gelb. Ebene der optischen Axen ‖ (010). Die spitze Mittellinie ist $\mathfrak{c} = c$. Der Winkel der optischen Axen ist groß. Sehr starke Doppelbrechung. Durch Vergleich mit Flüssigkeiten von bekanntem Brechungsindex fand Verf. $\alpha' = 1,494—1,515$; $\beta = 1,561$; $\gamma = 1,692$.

Es ist nach dem Verf. wahrscheinlich, daß der Oxalit aus der Reaction zwischen Oxalsäure oder einem Alkalioxalat organischen Ursprungs (der Boden, in welchem der Oxalit entdeckt wurde, ist waldig) und dem Ferrosulfat entstanden ist, welches sich auf Kosten des den Eisenkies begleitenden Markasits gebildet hat.

Ref.: F. Zambonini.

12. L. Colomba (in Sassari): **Über einen Eisenchromgranat von Praborna (St. Marcel)** (Rendiconti R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 2. sem., 146—150).

Mit dem Eisenglanz, welcher im Liegenden der Lagerstätte von St. Marcel (Aostatal) vorkommt, hat Verf. einen Eisenchromgranat entdeckt, welcher für die Localität neu ist. Der Eisenglanz bildet blätterige Massen, und die einige Millimeter dicken Blättchen sind voneinander durch dünne Äderchen und Schichten getrennt, welche hauptsächlich aus Quarz, Albit, Titanit, Gold, seltenen, grünlichen Kämmereritblättchen und dem in Rede stehenden Granat bestehen. Der Granat kommt entweder in kleinen, krystallinischen, grünen Massen oder in Aggregaten kleiner Krystalle vor, welche eine smaragdgrüne, bisweilen ins Blaue fallende Farbe besitzen und die Combination des vorherrschenden {110} mit {211} zeigen. Die Krystalle zeigen optische Anomalien. Spec. Gewicht = 3,81. Vor dem Lötrohre ist der Granat unschmelzbar. Die Analyse ergab: SiO_2 35,57, Al_2O_3 0,62, Fe_2O_3 22,22, Cr_2O_3 7,81, CaO 27,13, MgO Spur, MnO 3,94, FeO 2,51; Summe 99,80. Verf. betrachtet den von ihm untersuchten Granat als einen stark eisenoxydhaltigen Uwarowit.

Ref.: F. Zambonini.

13. E. Manasse (in Siena): **Mizzonit vom Capo d'Arco (Insel Elba)** (Ebenda 211—215).

Der Mizzonit kommt in der Mitte des Berges vom Capo d'Arco (Rio Marina), oberhalb der centralen Eisenmangangrube, auf einigen sehr kleinen Gängen von Manganoxyden und -hydroxyden zusammen mit Quarz vor. Die Gänge sind von Osten nach Westen geneigt; Hangendes und Liegendes werden von präsilurischen Phyllitschiefern gebildet, welche von mächtigem, krystallinischem Kalkstein gleichen Alters gebildet sind.

Der Mizzonit bildet Aggregate prismatischer Kryställchen mit radialer Structur, welche der quarzigen Gangart fest anhangen. Der Seiden-Perlmutterglanz ist wenig ausgeprägt; die reinsten Stücke besitzen weiße Farbe. Härte 5—6; spec. Gewicht 2,60. Vor dem Lötrohre schmilzt das Mineral zu einem weißen, blasigen Glas; concentrierte und siedende Salzsäure zersetzt das Mineral nur unvollständig. Die negative Doppelbrechung ist stark: $\omega_{Na} = 1,557$ (1,5565—1,558), $\varepsilon_{Na} = 1,540$ (1,539—1,541); $(\omega - \varepsilon)_{Na} = 0,017$. Der Verf. beobachtete Spuren basischer Spaltbarkeit.

Die Analyse ergab:

SiO_2	54,40
Al_2O_3	24,44
Fe_2O_3	Spur
CaO	10,19
MgO	Spur
Na_2O	7,59
K_2O	1,69
Cl	1,53
Glühverlust	1,43
	101,27
$-O=2Cl$	0,35
	100,92

Diese Zahlen entsprechen der Zusammensetzung Ma_3Me_2.

Was die Bildung des Mizzonit vom Capo d'Arco betrifft, so ist Verf. der Ansicht, daß er aus der metamorphosierenden Einwirkung der granitischen Gesteine auf die Kalksteine entstanden ist. Diese Meinung ist durch die Anwesenheit des Turmalins und des Epidots, welcher einen wahren Epidosit bildet, unter den den Mizzonit begleitenden Mineralien unterstützt.

Der Verf. teilt auch mit, daß er den sogenannten Dipyr des grauen zuckerkörnigen Marmors vom Botro dei Marmi nahe bei Campiglia untersucht hat. Die Dipyrkryställchen zeigen parallele Auslöschung, aber die Verlängerungsrichtung ist positiv und die Doppelbrechung sehr niedrig; wahrscheinlich handelt es sich um Zoisit. Der von Giampaoli erwähnte Dipyr (Couzeranit) des Paonazzetto von Boccanaglia (Carrara) ist sehr wahrscheinlich Muscovit.

Ref.: F. Zambonini.

14. M. Taricco (in Iglesias): **Über die durch Schlag erhaltenen Gleitungserscheinungen am Phosgenit von Monteponi** (Rend. R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 2. sem., 278—284).

Durch eine Nadelspitze hat Verf. auf der Basisfläche der Phosgenitkrystalle von Monteponi nicht nur die bekannten Schlagfiguren, sondern auch treppenförmig ausgebildete Höhlungen oder Erhöhungen mit quadratischem oder rechteckigem Umriß erhalten. Die Schlagfiguren bestehen aus Strahlen, welche parallel (110), (210) und (310) laufen. Gleichzeitig entsteht auf der getroffenen Fläche eine treppenförmige Höhlung, während sich auf der entgegengesetzten Basisfläche eine Erhöhung bildet. Die Höhlungen (vom Verf. feste, negative Figuren genannt) correspondieren mit den Erhöhungen (feste, positive Figuren des Verfs.) durch ein kleines Prisma. Die Umrisse der erwähnten Figuren sind parallel {110}.

Nach dem Verf. besitzt der Phosgenit von Monteponi vollkommene Spaltbarkeit nach {001}; ziemlich vollkommen ist die Spaltbarkeit nach {100}. Die gewöhnlich angegebene Spaltbarkeit nach {110} entspricht den vier Gleitflächen der oben erwähnten Figuren.

Ref.: F. Zambonini.

15. D. Lovisato (in Cagliari): **Über ein neues Vanadat aus der Kupfergrube von Bena (d)e Padru, in der Nähe von Ozieri, Provinz Sassari** (Rendic. R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 2. sem., 326—333).

In dem gneißähnlichen Glimmerschiefer einer neuen Galerie der bekannten Kupferlagerstätte von Bena (d)e Padru (vergl. diese Zeitschr. **42**, 57) hat Verf. krystallinische Flecken von glänzender, samtartiger, schwarzer Farbe, welche von gelbem Glimmer begleitet sind, beobachtet. Nach A. Pelloux (briefl. Mitteilung an den Verf.) sind die Kryställchen des schwarzen Minerals jenen des Descloizits desselben Fundortes, welche E. Artini beschrieben hat, sehr ähnlich. Auf das Axenverhältnis des Descloizits bezogen, erhalten die beobachteten Formen die Symbole {111}, {130}, {110}, {100}, {010}; vorherrschend sind: {111} und {130}. Auch die Winkelwerte stimmen mit jenen des Descloizits vorzüglich überein. (010):(130) = $27^0 45'$ gem., $27^0 38'$ berechnet. [001]:[011] = $128^0 8'$—$128^0 55'$ gem., $128^0 49'$ ber.

Das neu gefundene Mineral unterscheidet sich vom Descloizit von Bena (d)e Padru, weil letzterer niemals schwarz sein soll; Herr Pelloux bemerkt aber, daß das optische Verhalten des angeblich neuen Minerals mit jenen des Descloizits desselben Fundortes identisch ist, weil Descloizitkrystalle nicht fehlen, welche im auffallenden Lichte schwarz erscheinen, während sie, wie die neuen, im durchfallenden Lichte grünlichgelb sind.

Die Härte ist kleiner als jene des Kalkspats; das spec. Gewicht (von Herrn Guglielmo an 0,1955 g bestimmt) beträgt 5,72; es ist also etwas niedriger als dies beim Descloizit der Fall ist. Das Pulver ist grünlichgelb; das chemische Verhalten ist jenes des Descloizits.

Eine von Herrn Dr. S. Manis ausgeführte Analyse ergab: V_2O_5 19,87, P_2O_5 0,18, PbO 53,76, ZnO 2,45, CuO 13,13, Fe_2O_3 6,54, MnO 0,05, H_2O 3,45; Summe 99,43.

Nach dem Verf. ist das analysierte Mineral als neu zu betrachten.

Ref.: F. Zambonini.

16. G. Pellini (in Palermo) und **E. Quercigh** (in Neapel): **Die Silbertelluride** (Ebenda 415—421).

Dieselben: Die Goldtelluride (Ebenda 445—449).

Durch die thermische Analyse der zwei Systeme *Ag-Te* und *Au-Te* haben die Verff. folgendes festgestellt. Silber und Tellur bilden unter den Versuchsbedingungen der Verff. zwei Verbindungen $AgTe$ und Ag_2Te, von welcher die erste bis jetzt unbekannt war. Die Verbindung $AgTe$ bildet sich bei 444^0 und zersetzt sich bei höherer Temperatur; wahrscheinlich wandelt sie sich bei 412^0 in eine polymorphe Modification um. Das andere Silbertellurid Ag_2Te schmilzt bei 959^0 ohne Zersetzung. Gold und Tellur bilden eine einzige Verbindung $AuTe_2$, welche bei 464^0 ohne Zersetzung schmilzt.

Ref.: F. Zambonini.

17. M. Taricco (in Iglesias): **Gleitungserscheinungen am Bleiglanz** (Rendic. R. Accad. Lincei, Rom 1910, (5a) **19**, 2. sem., 508—511).

Der Verf. hat die Gleitungserscheinungen am Bleiglanz nach seiner Schlagmethode (s. Ref. Nr. 14) untersucht. Er findet die schon bekannten Gleitrichtungen nach $\{100\}$ und $\{110\}$ wieder.

Ref.: F. Zambonini.

18. P. Rossi (in Neapel): **Das radioactive Gleichgewicht im vesuvischen Cotunnit** (Ebenda 578—583).

In Fortsetzung früherer Untersuchungen (diese Zeitschr. **46**, 399) hat Verf. untersucht, ob die radioactiven Substanzen (*RaD*, *E* und *F*), welche in dem vom Ref. 1907 gesammelten und studierten vesuvischen Cotunnit enthalten waren, das sogenannte radioactive Gleichgewicht erreicht hatten. Aus seinen Versuchen, welche hauptsächlich physikalisches Interesse haben, schließt Verf., daß der vesuvische Cotunnit von 1907 zur Zeit der ersten Messungen weit entfernt vom radioactiven Gleichgewicht war. Zur Zeit seiner Auffindung (April 1907) enthielt der vesuvische Cotunnit außer dem *RaD* und dem *RaE* eine viel kleinere Menge vom *RaF* als jene, welche dem Gleichgewichtszustand entspricht. Das radioactive Gleichgewicht wurde am 25. Juli 1910 erreicht.

Ref.: F. Zambonini.

19. U. Panichi (in Reggio Calabria): **Ein Alunitvorkommen in dem Liparit von Torniella in der Provinz Grosseto** (Ebenda 656—664).

Der Verf. beschreibt eingehend den Liparit der Umgegend von Torniella in der Provinz Grosseto, welcher von Matteucci (Bull. soc. geol. ital. 1892, **10**, 643) in zwei Gesteinsmassen, Torniella- und Montemasse, geteilt wurde. In dem südlichen Teile der Montemasse ist das Gestein, besonders am Marmaio und am Pianale, stark kaolinisiert. In der Nähe der Quelle des Baches Marmaio liegt eine von Matteucci beschriebene »Kaolinbank«, in welcher Verf. Äderchen und Schichten einer weißen Substanz gefunden hat, welche die optischen und chemischen Eigenschaften des Alunits besitzt. Eine Analyse ergab die unter I. stehenden Zahlen:

	I.	II.
SiO_2	1,99	7,15
Al_2O_3	38,04	35,44
Fe_2O_3	0,53	1,08
CaO	—	0,92
MgO	—	0,07
SO_3	33,26	30,23
H_2O	13,74	15,20
K_2O	9,77	8,78
Na_2O	2,94	2,41
	100,27	100,28

Auch das Gestein, welches sich an der Unterlage der Bank findet, ist stark zersetzt und reich an Alunit, die Analyse des durch Schlämmen isolierten Materials ergab die unter II. stehenden Zahlen.

Die von Matteucci erwähnte Kaolinbank besteht also vorwiegend aus Alunit, er zeigt eine Zonarstructur, in welcher die weißen Zonen mit solchen

roter Farbe abwechseln. Dieselbe Alunitbildung hat Verf. auch am Pianale beobachtet. Der Verf. bemerkt, daß die Sulfatisierung und die Kaolinitisierung des Gesteins im Vorkommen von Torniella innig miteinander verbunden sind.

Ref.: F. Zambonini.

20. F. Zambonini (in Palermo): **Über die wahre Natur des Pseudonephelins vom Capo di Bove bei Rom** (Rend. R. Accad. Scienze Fis.-Mat. di Napoli 1910, 83—86).

Die hexagonalen Nädelchen oder Prismen, welche die Drusenwände des Leucitits vom Capo di Bove bei Rom bekleiden, und von Fleuriau de Bellevue als Pseudonephelin bezeichnet wurden, wurden gewöhnlich als Nephelin betrachtet, während sie von Traube (diese Zeitschr. 27, 530) mit dem Kaliophilit, von Wichmann (diese Zeitschr. 28, 529) mit dem Mikrosommit identificiert wurden. Die neue Untersuchung des Verfs. hat gezeigt, daß der Pseudonephelin ein wohldefiniertes Mineral der Nephelingruppe darstellt, welches zwischen dem Kaliophilit $KAlSiO_4$ und dem noch nicht als Mineral gefundenen Silicat $NaAlSiO_4$ steht.

In Übereinstimmung mit Strüver (diese Zeitschr. **1**, 240) hat Verf. gefunden, daß die Krystalle meist nach c verlängert sind, und die einfache Combination $\{10\bar{1}0\}$ $\{0001\}$, manchmal auch kleine Flächen des Prismas $\{11\bar{2}0\}$ zeigen. Selten sind gut meßbare Flächen der Bipyramide $\{10\bar{1}1\}$; an einigen Krystallen fand Verf. $(0001):(10\bar{1}1) = 44^0\,1'$; daher ist $a:c = 1:0{,}8368$, während c am Nephelin 0,8389 (Kokscharow), am Kaliophilit 0,8388 (N. Covelli) beträgt. Selten sind die nach $\{0001\}$ tafelförmigen Pseudonephelinkrystalle; sie scheinen aus zahlreichen, aufeinander gekitteten Täfelchen zu bestehen. An ihnen ist eine Trennbarkeit nach der Basis zu sehen, welche an den anderen Krystallen fehlt. Der Verf. erwähnt, außer den gut ausgebildeten, auch sehr unvollkommene oder selbst skelettartige Krystalle. Die vom Verf. erhaltenen Ätzfiguren zeigen, daß die Krystalle zur hemimorph-hemiëdrischen Klasse des hexagonalen Systems gehören. Optisch einaxig, negativ, ohne optische Anomalien. An einem natürlichen Prisma fand Verf. für Na-Licht: $\omega = 1{,}5472$, $\varepsilon = 1{,}5435$, $\omega - \varepsilon = 0{,}0037$. Diese Werte stehen jenen, welche an einigen Nephelinen gefunden wurden, sehr nahe; sie nähern sich besonders den Brechungsexponenten des Eläoliths von Hot Springs (Arkansas).

Der Pseudonephelin enthält häufig Augit- und besonders Melilitheinschlüsse; es gibt Krystalle, welche einen Melilithkern besitzen. Härte = 6 ca.; spec. Gewicht 2,68 (mit der Schwebemethode bestimmt).

Vor dem Lötrohre und gegenüber Säuren verhält sich der Pseudonephelin wie der Nephelin; er enthält kein SO_4 und nur minimale Spuren Cl. Die unter Leitung des Verfs. von Herrn Dr. A. Serra ausgeführte Analyse ergab:

SiO_2	39,91		0,662	1,97
Al_2O_3	33,04	0,323	0,336	1
Fe_2O_3	2,14	0,013		
CaO	2,55	0,045		
Na_2O	12,75	0,206	0,358	1,07
K_2O	10,06	0,107		
	100,45			

Dem Pseudonephelin kommt also die Formel $(Na_2, K)AlSiO_4$ zu, was das Mineral vom eigentlichen Nephelin unterscheidet, an welchem das Verhältnis $SiO_2 : Al_2O_3$ immer > 2 ist. Merkwürdig ist auch der hohe K_2O-Gehalt.

Ref.: F. Zambonini.

21. A. Serra (in Sassari): **Über einen merkwürdigen Granat von Fluminimaggiore** (Rend. R. Accad. Scienze Fis.-Mat. di Napoli 1910, 222—224).

Der Granat kommt nur selten im Bleiglanz eingeschlossen vor. Der Verf. hat daher einen Granat untersucht, welcher von Herrn Prof. Lovisato vor vielen Jahren in der Umgegend von Fluminimaggiore (in der Nähe des Berges Arenas) in Sardinien gesammelt und der mineralogischen Sammlung der Universität Sassari geschenkt wurde.

Der in Rede stehende Granat bildet honiggelbe Krystalle {110} mit schmalen Flächen des Ikositetraëders {211}, welche im Bleiglanz liegen. Die Dimensionen wechseln zwischen wenigen Millimetern und einem Centimeter. Die Dünnschliffe nach {110} zeigen, daß dieser Granat eine sehr deutliche Zonarstructur und optische Anomalien zeigt. Die Structur ist die dodekaëdrische Klein's, mit einer Beimischung der Topazolithstructur desselben Forschers. Die Analyse ergab:

SiO_2	34,53
Al_2O_3	6,05
Fe_2O_3	25,10
FeO	0,84
MnO	Spur
CaO	33,67
	100,19

Es handelt sich also um Andradit mit einer bedeutenden Menge des Grossularsilicates $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$.

Der Verf. bemerkt, daß der Granat von Sala (Schweden), welcher ebenfalls mit Bleiglanz vorkommt, nahezu die gleiche Zusammensetzung besitzt. Diese chemische Verwandtschaft zwischen zwei Granaten, welche beide im Bleiglanz, aber in entfernten Gegenden vorkommen, ist merkwürdig, um so mehr als sich Kalke und Granite an beiden Fundorten finden, sodaß der Granat bei Sala und bei Fluminimaggiore wahrscheinlich eine Contactbildung darstellt.

Ref.: F. Zambonini.

22. F. Ranfaldi (in Neapel): **Krystallographische Untersuchung einiger Phenylmethylakrylsäure-Derivate** (Ebenda 225—234).

Die vom Verf. krystallograpisch untersuchten Verbindungen sind die drei Ortho-, Meta- und Paranitrophenylmethylakrylsäuren und das Natriumsalz der O-Säure. Die Säuren hatte Herr Prof. C. U. Zanetti, das Na-Salz Herr Dr. G. Ranfaldi dargestellt.

o-Nitrophenylmethylakrylsäure $C_6H_4(NO_2).C{<}^{CH.CH_3}_{CO.OH}$

Schmelzpunkt 198°. Krystalle aus Alkohol.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,3446:1:1,4562; \quad \beta = 92^\circ 24' 51''.$$

Beobachtete Formen: {100}, {001}, {$\bar{1}$02}, {101}, {110}, {122}, {$\bar{1}$22}. Die Krystalle sind immer nach *c* verlängert und nach {100} tafelförmig. Die erwähnten Formen sind alle immer gleichzeitig anwesend, mit Ausnahme von {$\bar{1}$02}, welche an einem einzigen Krystalle mit einer schmalen Fläche beobachtet wurde. Nach {100} sind {$\bar{1}$22} und {110} die vorherrschenden Formen; dann kommt {001}, während {101} und {122} stark untergeordnet sind.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(110) =	*53° 20′	—
(100):(101)	*41 36½	—
(101):(001)	*45 59	—
(001):($\bar{1}$02)	28 16	28° 58¼′
(100):(122)	71 42	71 42¼
($\bar{1}$00):($\bar{1}$22)	74 23½	74 12
(001):(122)	56 37	56 37
(00$\bar{1}$):(12$\bar{2}$)	57 41	57 48½
(101):(110)	63 27	63 29

Ziemlich vollkommene Spaltbarkeit nach {101}.

Die Krystalle sind von honiggelber Farbe, halbdurchsichtig, und besitzen Glasglanz. Ebene der optischen Axen {010}; die spitze Mittellinie ist nahezu senkrecht zu {101}.

m-Nitrophenylmethylakrylsäure. Schmelzpunkt 203,5°.

Nadelförmige, farblose, glasglänzende, durchsichtige Kryställchen, welche keine krystallographische oder optische Untersuchung gestatteten.

p-Nitrophenylmethylakrylsäure $C_6H_4(NO_2).CH:C(CH_3).COOH$. Schmelzpunkt 208°. Krystalle aus Essigsäure und aus Äther-Alkohol.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}2867:1:1{,}4602.$$

$$\alpha = 84^0\,42'\,8'', \quad \beta = 83^0\,31'\,31'', \quad \gamma = 87^0\,35'\,18''.$$

Beobachtete Formen: {100}, {001}, {101}, {$\bar{1}$01}, {110}, {$\bar{1}$10}, {112}, {114}, {$\bar{1}$12}, {$\bar{1}$14}. Die aus Essigsäure erhaltenen Krystalle sind sehr klein und zeigen die Combination: {100} {001} {101} {$\bar{1}$01} {110} {1$\bar{1}$0} {112} {114} {$\bar{1}$14}. Sie sind nach *c* verlängert; {110} und {1$\bar{1}$0} herrschen immer vor. In der Zone [001] kommt an allen Krystallen ein Pinakoid {*hk*0} vor, dessen Flächen so stark gekrümmt sind, daß es unmöglich war, das Symbol zu bestimmen .

Die Krystalle aus Äther-Alkohol erreichen selbst 3 mm in der Richtung der Zone [($\bar{1}\bar{1}$0):(1$\bar{1}\bar{2}$)], nach welcher sie verlängert sind. Die vom Verf. beobachtete Combination ist {001} {101} {110} {112} {114} {$\bar{1}$12}. Die vorherrschenden Formen sind {110} und {112}; auch {101} zeigt ziemlich große Flächen. Sehr häufig treten krumme, unbestimmbare Flächen hervor.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(110) =	*53° 14′	—
($\bar{1}$00):($\bar{1}$10)	*50 57	—
(100):(101)	*44 13	—
(101):(001)	*52 4	—

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(\bar{1}01)$ =	$45^0\ 9\frac{1}{2}'$	$45^0\ 0\frac{3}{4}'$
$(100):(114)$	81 1	81 $2\frac{3}{4}$
$(\bar{1}00):(\bar{1}14)$	68 54	68 $31\frac{1}{4}$
$(100):(112)$	69 45	59 47
$(001):(\bar{1}\bar{1}0)$	*82 $0\frac{1}{2}$	—
$(001):(114)$	25 36	25 35
$(112):(110)$	52 22	52 $14\frac{3}{4}$
$(001):(\bar{1}14)$	24 58	25 4
$(001):(1\bar{1}0)$	89 47	89 52
$(110):(\bar{1}12)$	86 20	86 $13\frac{3}{4}$

Keine Spaltbarkeit. Die Krystalle sind schwefelgelb, durchsichtig und besitzen Diamantglanz.

o-Nitrophenylmethylakrylsaures Natrium
$C_6H_4(NO_2).CH:C(CH_3).COONa$.

Rhombisch bisphenoidisch.

$$a:b:c = 1,3940:1:2,0544.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}$, $\{001\}$, $\{304\}$, $\{110\}$, $\{122\}$. Die Krystalle sind nach $\{100\}$ tafelförmig und nach c etwas verlängert; nach $\{100\}$ herrschen $\{122\}$, $\{001\}$ und $\{110\}$ vor, während $\{304\}$ immer nur zwei parallele, schmale Flächen besitzt. Der Habitus ist jenem der Krystalle der o-Säure sehr ähnlich.

	Gemessen:	Berechnet:
$(100):(110)$ =	$54^0 18'$	$54^0 20\frac{3}{4}'$
$(100):(304)$	42 10	42 $8\frac{1}{4}$
$(100):(122)$	*72 $7\frac{1}{2}$	—
$(001):(122)$	*65 23	—
$(110):(122)$	29 2	29 $2\frac{3}{4}$
$(1\bar{1}0):(\bar{1}\bar{2}2)$	58 59	58 $54\frac{1}{2}$

Keine Spaltbarkeit. Farblose, glasglänzende, durchsichtige Krystalle, welche aber in wenigen Tagen allmählich weiß und undurchsichtig werden. Ebene der optischen Axen $\{010\}$; die spitze, positive Mittellinie ist zu $\{100\}$ senkrecht.

Verf. discutiert die krystallographischen Beziehungen zwischen der Ortho- und der Parasäure. Er findet, daß die Zone [001] der zwei Verbindungen homöomorph ist:

	Orthosäure:	Parasäure:
$(100):(110)$ =	$53^0 20'$	$53^0 14'$
$(100):(1\bar{1}0)$	53 20	50 57
$(110):(\bar{1}10)$	73 $19\frac{1}{2}$	75 49

Weitere Beziehungen existieren nicht. Die Axenverhältnisse sind zwar sehr ähnlich

$$a:b:c = 1,3446:1:1,4562 \quad \text{Orthosäure,}$$
$$a:b:c = 1,2867:1:1,4602 \quad \text{Parasäure,}$$

aber Verf. hebt mit vollem Rechte hervor, daß der einfache Vergleich der Verhältnisse $a:b:c$ nahezu keinen Wert hat, weil man die Werte der Winkel

α, β, γ nicht unberücksichtigt lassen kann, welche im vorliegenden Falle an den beiden Verbindungen bedeutend verschieden sind.

Der Verf. bemerkt, daß merkwürdige morphotropische Beziehungen zwischen der Orthosäure und seinem *Na*-Salz bestehen, obwohl sie zu zwei verschiedenen Systemen gehören. Der Vergleich der krystallographischen Constanten zeigt, daß der Ersatz des Wasserstoffes der Carboxylgruppe der Säure durch 1 Atm. *Na* besonders das Verhältnis $b:c$ beeinflußt, während $a:b$ nahezu unverändert bleibt. Ähnliches war schon an anderen Verbindungen beobachtet worden (vgl. P. Groth, Einleitung in die chemische Krystallographie S. 43). Mit der gewählten Aufstellung erhalten die wichtigsten Formen der Säure und des *Na*-Salzes dieselben Symbole, mit Ausnahme des an beiden Substanzen immer anwesenden Prismas $\{h0l\}$, welches das Symbol $\{101\}$ an der Säure, $\{304\}$ an dem Salz erhält. Gibt man diesem Prisma an beiden Verbindungen dasselbe Symbol $\{101\}$, so erhält man die Axenverhältnisse:

$$a:b:c = 1,3446:1:1,4562; \quad \beta = 92^{0}24'51'' \text{ Orthosäure,}$$
$$a:b:c = 1,3899:1:1,5340; \quad \beta = 90\;\;0\;\;0 \text{ ihr } Na\text{-Salz.}$$

Die Übereinstimmung ist größer, aber diese Aufstellung wäre für das Salz unnatürlich, weil der vorherrschenden Form $\{122\}$ das Symbol $\{234\}$ zukommen würde, und die Ähnlichkeit mit der Säure verloren würden.

Ref.: F. Zambonini.

23. A. G. Miele (in Neapel): **Über die Halit- und Sylvinmischungen der vesuvischen Fumarolen** (Rendiconto R. Accad. Scienze Fis. Mat. di Napoli 1910, 235—238).

Es ist bekannt, daß die vesuvischen Fumarolen, welche Ch. Sainte-Claire Deville trockene Fumarolen nannte, während sie von A. Lacroix richtiger als Fumarolen mit Natrium- und Kaliumsalzen bezeichnet wurden, bedeutende Mengen Halit und Sylvin zeigen. Die beiden Chloride kommen häufig so innig verbunden vor, daß verschiedene Forscher, wie Verf. ausführlich berichtet, die Existenz fester Lösungen oder selbst bestimmter Verbindungen derselben annahmen. Kurnakow und Žemčužnyi (diese Zeitschr. 46, 222) haben vor kurzem gezeigt, daß die Chloride des Natriums und des Kaliums bei hoher Temperatur vollkommen mischbar sind, während sie sich bei niedriger Temperatur trennen. Die beiden russischen Forscher haben mit einer ähnlichen Mischbarkeit, welche nur bei hohen Temperaturen stattfindet, die mikroperthitische Verwachsung des Kalium- und des Natriumfeldspates verglichen. Weil aber die Existenz von Mischkrystallen der beiden genannten Silicate bei gewöhnlicher Temperatur unzweifelhaft ist, so ist nach Verf. offenbar, daß die Trennung der Kalium- von der Natriumverbindung während der Erkaltung ausgeschlossen werden kann, und dies könnte daher auch für den vesuvischen Halit und Sylvin gelten.

Um die Frage zu entscheiden hat Verf. acht sehr schöne, wasserhelle, anscheinend vollkommen homogene Sylvinkrystalle aus dem während des Ausbruches von April 1906 ausgeworfenen Block isoliert, welchen A. Lacroix (diese Zeitschr. 45, 185) beschrieb, sehr genau untersucht. Verf. fand, daß fünf Krystalle nur nicht mit Sicherheit bestimmbare $NaCl$-Spuren, während die drei anderen 3,1 %, 4,3 % und selbst 8,1 % $NaCl$ enthielten. Um festzustellen, ob das Natriumchlorid in den erwähnten Krystallen gelöst oder nur sehr fein beigemengt war, bereitete Verf. eine Mischung von Bromoform und Toluol mit

dem spec. Gewicht 2,10, welches zwischen jenem des *NaCl* (2,17) und des *KCl* (1,99) liegt. Das Pulver der drei Krystalle wurde in der Flüssigkeit eingetragen, und immer fiel eine kleine Menge Pulver zu Boden; ihre Prüfung zeigte, daß es aus reinem Natriumchlorid bestand. Es zeigte sich also, daß die untersuchten Krystalle, trotz ihres homogenen Aussehens, das Natriumchlorid nur als sehr feine, mechanische Beimischung enthielten.

Ref.: F. Zambonini.

24. G. Spezia († in Turin): **Über einige vermutliche chemische und physikalische Effecte des nach allen Seiten gleichförmigen Druckes** (Atti R. Accad. Scienze di Torino 1910, **45**, 335—348).

W. Spring (Rapports présentés au Congrès intern. de Physique, 1900, S. 402) hat angegeben, daß man Metallegierungen bei gewöhnlicher Temperatur und erhöhtem Druck darstellen kann. Die Resultate Spring's interessieren die Minerogenesis, die Petrogenesis usw., weil sie die Diffusion zwischen verschiedenen in Contact stehenden Körpern als möglich erscheinen lassen. Der Verf. hat einige Versuche angestellt, um die Resultate Spring's zu controllieren; er hat für die Erzeugung höherer Drucke den von ihm früher beschriebenen Apparat (diese Zeitschr. **43**, 418) angewendet. Der Druck ist nach allen Seiten gleichförmig. Die Einwirkung eines Druckes von 8000 Atm. während eines Monates auf eine Mischung von Kupfer- und Silberspänen konnte keine Diffusion der beiden Metalle bewirken, wie die metallographische Untersuchung lehrte; derselbe Druck war auch nicht imstande, die Körnchen reiner Silberspäne resp. reiner Kupferspäne zu vereinigen.

Spring hat ferner angegeben, daß Wachs bei 13° C. unter dem Druck von 700 Atm. wie Wasser fließt. Der Verf. hat nun gefunden, daß der nach allen Seiten gleichförmig einwirkende Druck von 9000 Atm. bei 15° C. nach 48 Stunden das Wachs vollkommen fest läßt. Dasselbe Resultat hat Verf. bei einem Drucke von 9900 Atm. während 12 Tagen, immer bei 15° C., erhalten.

Bekanntlich hat Kahlbaum angegeben, daß ein hoher, nach allen Seiten gleichförmig einwirkender Druck das Volum einiger Metalle erhöhen kann. Verf. ist der Ansicht, daß der Druck in den Versuchen Kahlbaum's nicht gleichförmig war, weil die Kupferstäbe nach dem Versuch ihre ursprüngliche Form verloren hatten. Verf. meint, daß die Form eines Körpers durch einen gleichförmig einwirkenden Druck nicht verändert werden kann, und stützt seine Meinung mit folgenden Versuchen. Ein kleines Wachsprisma mit quadratischem Querschnitt wurde im Wasser suspendiert und dann einem Druck von 3200 Atm. während 24 Stunden, später einem solchen von 8000 Atm. während 6 Tagen ausgesetzt. Die Temperatur betrug 15° C. Das Resultat war, daß das Wachsprisma in den beiden Versuchen seine Form vollkommen unverändert erhalten hatte. Auch ein Kreis und ein Rechteck, welche auf zwei Prismenflächen eingeschnitten worden waren, zeigten keine Veränderung.

Der Verf. glaubt daher, daß die Versuche Spring's und Kahlbaum's die Überzeugung nicht bringen, daß ein nach allen Seiten gleichförmig einwirkender Druck existiert, welcher die Fähigkeit besitzt, das Volum eines ihm unterworfenen Körpers zu erhöhen.

Ref.: F. Zambonini.

25. L. Colomba (in Sassari): **Über einige Mineralien aus dem oberen Aostatale** (Atti R. Accad. Scienze di Torino 1910, 45, 399—412).

Am Rand des Mont Blanc-Massivs finden sich verschiedene Minerallagerstätten, welche besonders an Bleiglanz reich sind und innige genetische Beziehungen zu den Graniten des Massivs haben müssen. Die Gangart ist bald Fluorit, bald Baryt; in dem Courmayeurbecken hat Verf. bemerkt, daß der Fluorit die Gangart der direct in Berührung mit der Granitmasse liegenden Lagerstätten (z. B. Tête barrée auf dem Miage-Gletscher), der Baryt dagegen jene der von den Graniten etwas entfernten Lagerstätten (z. B. jene welche an den Abhängen des Mont Chétif und des Mont de la Saxe liegen) bildet.

In den Lagerstätten des Mont de la Saxe bei Courmayeur sind Bleiglanz und Baryt die häufigsten Mineralien; nur in kleinen Mengen oder in Spuren kommen Zinkblende, Quarz, Albit, Gyps, Schwefel, Cerussit und Pyromorphit vor.

Der Baryt bildet ziemlich wasserhelle Krystalle, die im Inneren einen schwachen Nebel zeigen, welcher von sehr kleinen, unregelmäßig zerstreuten Einschlüssen bedingt ist. Eine Analyse ergab: BaO 65,63, SO_3 34,22, $Sa =$ 99,85. Die Einschlüsse bestehen aus wässerigen Lösungen von Natriumchlorid und -sulfat; die Wassermenge beträgt 0,15—0,37 %. Die beobachteten Formen sind folgende: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{011\}$, $d\{102\}$, $z\{111\}$, $r\{112\}$, $f\{113\}$, $q\{114\}$. Sehr selten sind $\{102\}$ und $\{100\}$; die anderen Formen kommen fast immer gleichzeitig vor. Verf. hat auch einige Krystalle mit der einfacheren Combination $\{001\}$, $\{010\}$, $\{110\}$, $\{011\}$, $\{111\}$ beobachtet, welche nach a prismatisch ausgebildet sind, während die flächenreicheren Krystalle $\{110\}$ vorherrschend zeigen. Aus den Winkeln $(001):(111) = 64^0\,18\frac{1}{2}'$ und $(111):(1\bar{1}1) = 69^0\,24'$ berechnet Verf. das Axenverhältnis $a:b:c =$ $0{,}8149:1:1{,}3129$.

Der Verf. hat ziemlich oft parallele Verwachsungen mehrerer Individuen beobachtet. Die Flächen der Zone [001] sind parallel der Zonenaxe gestreift; auf die Flächen von $\{110\}$ ist die Streifung nur in der Nähe der Combinationskanten mit $\{111\}$ zu sehen. Die Basisflächen zeigen einen deutlichen und glänzenden Streifen, welcher einen Rhombus bildet, dessen Seiten den Tracen des Prismas $\{120\}$ auf (001) parallel sind. Das Innere des von dem Streifen begrenzten rhombischen Flächenteiles ist etwas tiefer liegend und zeigt eine Reihe feiner Streifungen parallel den Combinationskanten mit $\{110\}$, sowie kleine Erhöhungen, welche von der Basis und den am Krystall existierenden Bipyramiden $\{hhl\}$ begrenzt sind. Außerhalb des erwähnten Streifens bleiben vier dreieckige Flächenteile, welche einige Minuten zu (001) geneigt sind und in der Zone [120 : 001] liegen.

Auf den $\{011\}$-Flächen hat Verf. manchmal dreieckige Vertiefungen beobachtet, welche wechselnde Form und Orientierung zeigen, sodaß Verf. glaubt, daß es möglich ist, daß sie die Eindrücke anderer Barytkrystalle darstellen, welche früher in dem Krystall eingefügt waren und später abgelöst wurden.

Zwischen den Barytkrystallen zerstreut finden sich seltene, dünne, blättrige Albitkrystalle, welche baryumhaltig sind. Eine Analyse ergab: SiO_2 66,25, Al_2O_3 20,45, BaO 1,84, CaO 0,49, Na_2O (Diff.) 10,97; $Sa = 100$. Diese Zusammensetzung entspricht der Formel $9Na_2Al_2Si_6O_{16} + (Ba, Ca)\,Al_2Si_2O_8$. Die beobachteten Formen sind $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $M\{1\bar{1}0\}$, $f\{130\}$, $z\{1\bar{3}0\}$, $o\{\bar{1}\bar{1}1\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $n\{0\bar{2}1\}$; die beiden letzteren sind selten und nur

mit sehr schmalen Flächen vorhanden. Die Krystalle sind fast immer Doppelzwillinge nach dem Albit- und dem Karlsbader-Gesetz.

Der Quarz kommt in farblosen, wasserhellen Krystallen vor, welche bis 2 cm Länge erreichen, und zeigen die Formen $z\{22\bar{1}\}$, $r\{100\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, häufig auch $s\{412\}$ und seltener $x\{4\bar{1}\bar{2}\}$. Die Quarzkrystalle, welche im Baryt eingebettet sind, enthalten Einschlüsse von Barytkryställchen, seltener solche von Bleiglanz und Zinkblende. Sehr häufig sind flüssige Einschlüsse, welche nach Ebenen aneinandergereiht sind, welche die Krystalle nahezu parallel den $\{100\}$-Flächen schneiden.

Der Bleiglanz bildet krystallinische Massen oder Krystalle $\{100\}$, $\{111\}$; letztere sind häufig durch krystallinische Überzüge bedeckt, welche aus Cerussit oder Pyromorphit bestehen. Die Zinkblende kommt in Blättchen oder in Schüppchen vor; die seltenen, sehr kleinen, unbestimmbaren Schwefel- und Gypskrystalle wurden offenbar durch secundäre Processe gebildet.

Ref.: F. Zambonini.

26. G. Piolti (in Turin): **Synthese des Anglesits** (Atti R. Accad. Scienze, Torino 1910, 45, 227—229).

Der Verf. ließ vom 17. Januar 1892 bis zum 28. Juli 1908 eine Bleinitratlösung auf dem Pyrit bei Zimmertemperatur einwirken. Auf dem Pyrit bildeten sich sehr feine, gelblichweiße Flocken, welche aus sehr zerbrechlichen Nadeln oder aus Blättchen bestanden. Die Nadeln waren bis 6 mm lang und 0,1—0,2 mm dick. Sie waren mit Limonit verunreinigt. Die mit HCl vom Limonit befreiten Nadeln hatten die Zusammensetzung des Anglesits PbO 74,1, SO_3 26,6, $Sa = 100,7$.

Verf. ist der Ansicht, daß das Bleinitrat den Pyrit unter Bildung von Ferrosulfat und Schwefelsäure oxydiert hat; die Schwefelsäure hat die Entstehung des Anglesits bedingt. Solche Reactionen können auch in der Natur stattfinden, wenn der Pyrit mit Bleimineralien in Berührung kommt.

Ref.: F. Zambonini.

582

XXI. Die Änderungen des optischen Axenwinkels im Glauberit mit der Temperatur.

Von

Edward H. Kraus in Ann Arbor, Michigan, U. S. A.

(Mit 1 Textfigur.)

Inhalt.

1. Einleitung.

Brewster machte 1829[1]) in einem Vortrag in der Royal Society von Edinburgh zuerst darauf aufmerksam, daß der optische Axenwinkel im Glauberit sich sehr mit der Temperatur ändert, und weiter, daß der Glauberit eine außerordentlich große Dispersion der optischen Axen besitzt. Später, 1833[2]), zeigte er auch, daß der Glauberit bei einer Temperatur von 32° F. zwei Axen für alle Farben besitzt, und daß der Axenwinkel für rotes Licht am größten, der für violettes am kleinsten ist. Daß die Einaxigkeitstemperaturen für die verschiedenen Farben — violett bis rot — bedeutend unter 100° C. liegen, hat Brewster ebenfalls beobachtet.

Obzwar Des Cloizeaux[3]) weitere Untersuchungen in bezug auf die

---

1) Transactions of the Royal Society of Edinburgh 1831, **11**, 273—276; auch Pogg. Ann. 1831, **21**, 607.

2) Pogg. Ann. 1833, **27**, 480.

3) Ann. des Mines 1857, **11**, 333; ebenda 1858, **14**, 406; auch Mémoires de l'Institut de France 1868, **18**, 644.

interessanten Änderungen des Axenwinkels dieses Minerals mit der Temperatur machte, wurden doch erst 1877 die ersten detaillierten Beobachtungen über die Größe des Axenwinkels für verschiedene Farben des Lichtes von Laspeyres[1]) veröffentlicht.

Laspeyres führte seine Versuche an senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittenen Platten, die aus Krystallen von Aranjuez im Tajotale hergestellt wurden, aus. Die Messungen des Axenwinkels für verschiedene Lichtarten — violett, grün, gelb und rot — und bei Temperaturen, welche zwischen —1,7° und 85,2° C. variierten, wurden in Luft mittelst des gewöhnlichen Erhitzungskastens eines Groth'schen Axenwinkelapparates ausgeführt. Durch Curven wurden dann diese Änderungen der Axenwinkel für die oben erwähnten vier Farben graphisch dargestellt.

Vor kurzem haben Kraus und Youngs[2]) gezeigt, daß die früheren Beobachtungen über die Änderungen des optischen Axenwinkels in Gyps mit der Temperatur, welche durch Erhitzung im Luftbade ausgeführt worden sind, nicht mit denen, die sie unter Benutzung eines Ölbades erhielten, übereinstimmten, indem die Fehlerquellen bei der Anwendung des Luftbades bedeutend größer sind. Es schien daher als sehr zweckmäßig, die Änderungen des optischen Axenwinkels in Glauberit wieder zu bestimmen, um womöglich festzustellen, ob unter Benutzung eines Ölbades die Resultate auch in diesem Falle so große Variationen zeigen, wie dies bei dem Gyps der Fall ist.

2. Untersuchungsmethode.

Bei dieser Untersuchung wurde eine von Steeg und Reuter senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittene Platte eines aus Anderbeck, Kreis Halberstadt, stammenden Glauberitkrystalles benutzt. Diese Platte wurde in üblicher Weise auf einem Fueß'schen Axenwinkelapparate montiert. Der metallene Erhitzungskasten diente aber als Ölbad. Der ganze Apparat ist mittelst dicker Asbestpappe, wie in der oben erwähnten Untersuchung an Gyps beschrieben wurde, umschlossen worden. Zwei Thermometer, welche Änderungen von 0,1° C. angeben, wurden angewandt. Die Erwärmung des Ölbades ist sehr langsam ausgeführt worden, um möglichst zuverlässige Werte zu bekommen.

3. Der scheinbare Axenwinkel, $2H_a$, bei verschiedenen Temperaturen.

Die folgende Tabelle gibt die beobachteten scheinbaren Axenwinkel in Paraffinöl, $n_{Na} = 1,4702$, für Natrium- und Lithiumstrahlen bei ver-

---

1) Diese Zeitschr. 1877, **1**, 529—546.

2) Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1912, **1**, 123 bis 146. S. auch Hutchinson und Tutton, diese Zeitschr. **52**, 218.

schiedenen Temperaturen zwischen 18° und 100° C. Die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Ablesungen an.

Scheinbarer Axenwinkel in Öl, $2H_a$.

Temperatur:	Lithiumlicht:	Natriumlicht:
18°	10° 12′ (3)	8° 28′ (9)
22	9 32 (5)	7 41 (3)
26	9 2 (3)	7 6 (6)
30	8 35 (6)	6 30 (3)
34	8 8 (4)	5 33 (5)
38	7 38 (6)	4 34 (4)
40	—	3 45 (6)
42	7 9 (6)	—
42,9°	—	**Einaxig** (15)
46°	6 7 (6)	—
50	—	5° 19′ (11)
51,8°	**Einaxig** (8)	—
55°	—	6 9 (15)
57	5° 22′ (4)	—
60	5 42 (6)	7 5 (12)
65	6 48 (7)	7 50 (8)
70	7 33 (5)	8 19 (9)
75	8 3 (5)	9 0 (10)
80	8 48 (3)	9 43 (9)
85	9 6 (5)	10 8 (8)
90	9 52 (6)	10 48 (8)
95	10 27 (5)	11 24 (11)
100	11 8 (6)	12 3 (13)

In der Nähe der Einaxigkeit sind die Hyperbeln sehr breit und da der Winkel sich nur sehr langsam mit der Temperatur ändert, mußten die Ablesungen öfters wiederholt werden, um verhältnismäßig zuverlässige Resultate zu bekommen. Die Ablesungen bei den niedrigeren und höheren Temperaturen sind zweifelsohne ziemlich genau. Wegen der großen Fehlerquellen durch die Einstellung der Hyperbeln auf ihre Mitte, und durch den Umstand, daß die Thermometer sich zwischen den metallenen Erhitzungskasten und der den ganzen Apparat einschließenden Asbestpappe in einer größeren Luftschicht mit einer etwas höheren Temperatur als der des Ölbades befinden, habe ich es für unnötig gehalten, eine Thermometercorrection anzubringen. Die angegebenen Temperaturen sind daher die directen Ablesungen der Thermometer.

Es ist von früheren Beobachtern festgestellt worden, daß Glauberit

unterhalb der Einaxigkeitstemperatur horizontale, oberhalb derselben geneigte Dispersion erkennen läßt. Demgemäß bewegen sich die beiden Axen unterhalb der Einaxigkeit mit gleicher Geschwindigkeit, während oberhalb dieser Temperatur die Bewegungen verschieden sind, wie die folgenden Werte zeigen.

	Natriumlicht 42,9⁰—100⁰ C.	Lithiumlicht 51,9⁰—100⁰ C.
Axe *A*	6⁰35′	5⁰52′
Axe *B*	5 28	5 15

Diese Differenz in den Bewegungen der beiden Axen ist im Vergleich mit der, die man beim Gyps beobachtet, bedeutend kleiner.

4. Die Einaxigkeitstemperaturen.

Diese Temperaturen sind sehr schwierig zu bestimmen, da die Bewegungen der Axen sehr langsam sind. Man kann daher nicht immer mit Sicherheit sagen, wann die zwei Balken sich genau kreuzen. So scheint z. B. bei Anwendung von Natriumlicht die Einaxigkeit zwischen 41,8⁰ und 43,8⁰ C. stattzufinden. D. h., innerhalb ca. 2⁰ Temperaturdifferenz beobachtet man eine Interferenzfigur, die als einaxig gelten kann. Auch hier kann nur durch wiederholte Beobachtungen ein zuverlässiges Resultat erhalten werden, und daher wurden fünfzehn Ablesungen gemacht. Das Mittel dieser Beobachtungen ergab **42,9⁰ C.** als die Einaxigkeitstemperatur für Natriumlicht. Acht Beobachtungen wurden zur Feststellung der Kreuzungstemperatur für Lithiumlicht gemacht. Diese Ablesungen schwankten zwischen 51,4⁰ und 52,4⁰ C., und ergaben eine Mitteltemperatur von **51,8⁰ C.** Ich glaube, man kann daher mit Sicherheit sagen, daß die Einaxigkeitstemperaturen des Glauberits für Natrium- und Lithiumlicht in der Nähe von 43⁰ bezw. 52⁰ C. liegen.

5. Graphische Darstellung der Änderungen des optischen Axenwinkels.

Durch Anwendung der beobachteten Temperaturen als Abscisse und der gemessenen Winkel als Ordinaten können Curven construiert werden, welche die Änderungen in der Größe des optischen Axenwinkels graphisch darstellen, wie dies nachstehende Figur zeigt. Ähnliche Curven sind schon von Laspeyres [1]) für Glauberit veröffentlicht worden, worin aber die oben angegebenen Abscissen und Ordinaten vertauscht sind. Kraus und Youngs [2]) haben ebenfalls solche Curven angewandt, um die Änderungen der optischen Axen des Gypses graphisch darzustellen.

---

1) loc. cit. Fig. 4, Taf. XXIII.

2) loc. cit.

Diese Curven zeigen, daß die Änderungen, wie dies auch beim Gyps der Fall ist, mit zunehmender Temperatur bis zur Einaxigkeit in einem steigenden Verhältnis geschehen, oberhalb des Kreuzens der Axen finden aber die Änderungen im umgekehrten Sinne statt. In der Nähe der Einaxigkeit sind die Änderungen daher am raschesten. Diese Änderungen sind aber, wie schon angedeutet, viel kleiner als beim Gyps. Diese Curven scheinen ziemlich symmetrisch in bezug auf die Einaxigkeitstemperatur zu sein, wie dies auch beim Gyps zu beobachten war.

HORIZONTALE DISPERSION

GENEIGTE DISPERSION

6. Vergleichung der Beobachtungen mit denen von Laspeyres.

Wie schon oben erwähnt, bestimmte Laspeyres die Änderungen des optischen Axenwinkels in Luft. Um die Temperatur der Krystallplatte im Luftbade möglichst genau festzustellen, machte Laspeyres einige vorläufige Versuche über Temperaturbeobachtungen, indem er die Krystallplatte durch ein Thermometer ersetzte. Tutton[1]) hat auch ähnliche Versuche in seiner Gypsarbeit ausgeführt. In diese Weise zeigte Laspeyres, daß, wenn das dritte, die Krystallplatte ersetzende Thermometer eine Temperatur von nur 86,8⁰ angab, die anderen zwei Thermometer schon bei 100⁰ standen. Er versuchte eine Correction für diese Differenz anzuwenden, indem er die Differenz der Thermometer bei einer zweiten Temperatur, z. B. bei der Anfangstemperatur des Versuches, und die Correction als proportional der Temperaturerhöhung annahm.

Wie aber in der oben angeführten Arbeit von Kraus und Youngs über die Änderungen des optischen Axenwinkels in Gyps gezeigt worden ist, sind die in der eben beschriebenen Weise unter Benutzung eines Luftbades

1) S. diese Zeitschr. **46**, 143.

erhaltenen Werte nicht zuverlässig. Eine Vergleichung der Einaxigkeitstemperaturen des Glauberits für Natrium- und Lithiumlicht, wie sie von Laspeyres und von mir bestimmt worden sind, zeigt merkliche Differenzen.

	Natriumlicht:	Lithiumlicht:
Laspeyres	45,8° C.	58,2° C.
Kraus	42,9° C.	51,8° C.

Diese Vergleichung zeigt, daß die von mir erhaltene Einaxigkeitstemperatur für Natriumlicht 2,9° niedriger ist, als sie von Laspeyres bestimmt wurde. Für Lithiumlicht ist die Differenz bereits 6,4°. In diesem Falle ist die größere Differenz leicht zu erklären, da bei den höheren Temperaturen die Beobachtungsfehler der genauen Feststellung der Temperatur der Krystallplatte im Luftbad bedeutend zunehmen. Im Ölbad haben jedoch, wie leicht einzusehen ist, die Thermometer und die Krystallplatte gleiche Temperatur, besonders dann, wenn die Erhitzung vorsichtig und langsam stattfindet.

Da Laspeyres seine Versuche im Luftbade ausführte, während ich das Ölbad benutzte, sind die Werte der optischen Axenwinkel bei den verschiedenen Temperaturen, mit Ausnahme der Einaxigkeitstemperaturen, nicht vergleichbar. Die aus diesen Beobachtungen construierten Curven von Laspeyres und mir zeigen jedoch, wie zu erwarten war, eine große Ähnlichkeit in ihrem allgemeinen Charakter.

7. Zusammenfassung.

Die oben angeführten Beobachtungen zeigen, daß die Einaxigkeitstemperaturen, wie sie von Laspeyres unter Benutzung eines Luftbades bestimmt wurden, bedeutend zu hoch sind. Unter Anwendung eines Ölbades und bei langsamer und vorsichtiger Erhitzung kann festgestellt werden, daß die Kreuzungen der optischen Axen des Glauberits für Natrium- und Lithiumlicht in der Nähe von 42,9° bezw. 51,8° C. liegen müssen. Die Curven, welche die Änderungen der optischen Axen angeben, zeigen eine große Ähnlichkeit mit denen des Gypses, indem die Änderungen mit steigender Temperatur bis zur Einaxigkeitstemperatur zunehmen, oberhalb dieser Temperatur aber im umgekehrten Sinne stattfinden. Die Curven scheinen auch ziemlich symmetrisch in bezug auf die Punkte, welche die Temperaturen der Einaxigkeit angeben, zu sein. Da der Glauberit oberhalb der Einaxigkeitstemperatur geneigte Dispersion besitzt, waren auch kleine, aber merkliche Differenzen in den Bewegungen der beiden Axen zu bemerken.

Mineralogical Laboratory, University of Michigan,
Dezember 2, 1912.

XXII. Die Geometrie der Zwillingskrystalle.[1])

Von

J. W. Evans in London.

Übersetzt von H. Holzberger in München.

(Mit 4 Textfiguren.)

In einer im September 1910 (Min. Mag. **15**, 390, Ausz. diese Zeitschr. **52**, 92) veröffentlichten Mitteilung der Mineralogical Society zeigte ich, daß die Beziehung zwischen den Einzelstructuren von Zwillingskrystallen Ähnlichkeit besitzt mit derjenigen, welche bei Verwachsungen von Krystallen verschiedener Substanzen mit bestimmter gegenseitiger Orientierung besteht (s. Barker, diese Zeitschr. 1908, **45**, 1), und daß sie ebenso durch die Gleichheit der molekularen Abstände in den beiden Structuren in der Berührungsebene oder Verwachsungsebene bestimmt ist.

In der vorliegenden Arbeit stellte ich mir die Aufgabe, zu bestimmen, welches die möglichen geometrischen Beziehungen zwischen Krystallstructuren sind, bei denen solche Gleichheit in allen oder einigen der molekularen Reihen in der Berührungsebene besteht.

In der Regel sind Reihen mit gleichen molekularen Distanzen einander äquivalent. Ich habe demgemäß an erster Stelle die Beziehungen zwischen Krystallstructuren untersucht, bei denen äquivalente Geraden gleiche Orientierung besitzen. Die Methode vereinfacht sich sehr, wenn man allgemein äquivalente Geraden verwendet, nicht nur solche, welche parallel zu möglichen Kanten und infolgedessen zu molekularen Reihen sind; indessen sind specielle Betrachtungen, die auf die letzteren allein anwendbar sind, hinzugefügt, wo dies notwendig war.

Sodann untersuchte ich die Coincidenz von Geraden, welche nicht äquivalent sind, in denen jedoch die molekularen Abstände entweder gleich sind, oder in einem einfachen Verhältnis stehen, sodaß niedrige Vielfache derselben übereinstimmen.

---

1) Aus den Proc. Roy. Soc. Edinb. 1912, **32**, 416, von dem Verf., nach einigen Verbesserungen und Zusätzen, mit der Einwilligung der genannten Gesellschaft mitgeteilt.

Ich verdanke Herrn H. Hilton (Mathematical Crystallography, Oxford 1903; und Min. Mag. 1907, **14**, 261; Ausz. diese Zeitschr. **46**, 621) einige der angewandten Methoden. Ich habe es nicht für nötig gehalten, Beweise von wohlbekannten Sätzen zu geben, ausgenommen, wo sie für den Beweisgang des Textes förderlich sind.

§ 1. Ebenen, Geraden und Richtungen; Operationen.

1) Es ist zweckmäßig, bei der Beschreibung des geometrischen Charakters eines Krystalles, Ebenen und Geraden eine bestimmte Orientierung, aber keinen bestimmten Ort zuzuschreiben. Mit anderen Worten, parallele Ebenen oder Geraden gelten als identisch, denn sie haben dieselben physikalischen und krystallographischen Eigenschaften, und parallele Reihen von Molekülen haben gleiche molekulare Abstände.

Jede Gerade in einer Structur hat zwei entgegengesetzte Richtungen, welche entweder die gleiche oder verschiedene physikalische und krystallographische Eigenschaften haben können.

2) Es ist oft wünschenswert, anzunehmen, daß die räumliche Anordnung eines Teiles oder des Ganzen der Structur geändert wird, wobei aber die Änderung der Bedingung unterworfen sein soll, daß die Distanz zwischen irgend zwei Punkten nach der Operation die gleiche ist, wie zuvor. Eine solche Änderung wird als Operation bezeichnet.

§ 2. Coincidenz und Äquivalenz.

1) Wenn zwei Structuren in einem solchen Zusammenhang stehen, daß nicht nur jede Ebene und jede Gerade, sondern auch jede Richtung der einen Structur coincidiert mit einer Ebene, Geraden und Richtung der anderen, welche dieselben physikalischen und krystallographischen Eigenschaften besitzt, so mögen sie zueinander codirectional genannt werden.

2) Wenn durch eine Operation, wie sie oben definiert ist, die beiden Structuren in eine codirectionale Beziehung zueinander gebracht werden können, so sagen wir, daß sie dieselbe Form besitzen; und eine Ebene, Gerade oder Richtung in der einen Structur wird äquivalent zu irgend einer Ebene, Geraden oder Richtung in der anderen Structur genannt, wenn sie durch eine Operation, welche die erstere Structur in eine codirectionale Beziehung zu der letzteren bringt, in Coincidenz gebracht werden können.

3) Eine Operation, welche, auf eine Structur angewendet, sie in eine codirectionale Beziehung zu sich selbst, so wie sie vor der Operation war, bringt, heiße codirectionale Operation (»Symmetrieoperation« Hiltons), und jede Ebene, Gerade oder Richtung, welche durch eine codirectionale Ope-

ration in Coincidenz mit einer anderen Ebene, Geraden oder Richtung derselben Structur, so wie sie vorher war, gebracht werden kann, wird in gleicher Weise äquivalent zu ihr genannt. Es ist auch oft zweckmäßig, eine Ebene, Gerade oder Richtung als äquivalent zu sich selbst zu betrachten.

4) Es ist klar, daß zwei Ebenen, Geraden oder Richtungen einander äquivalent sind, wenn sie zu derselben Ebene, Geraden oder Richtung äquivalent sind; sind zwei Ebenen äquivalent, so sind die Geraden, welche sie enthalten, bezw. äquivalent; und sind zwei Geraden äquivalent, so sind ihre Richtungen bezw. äquivalent; ebenso sind, wenn zwei Ebenen äquivalent sind, auch ihre Normalen äquivalent und vice versa. Molekulare Reihen, welche parallel zu äquivalenten Linien sind, müssen natürlich gleiche molekulare Distanzen haben.

5) Wenn zwei Structuren in einem solchen Zusammenhang stehen, daß jede Gerade in der einen coincidiert mit einer äquivalenten Geraden in der anderen, so werden sie colinear genannt, und eine Operation, welche eine Structur in eine colineare Beziehung zu sich selbst bringt, so wie sie vor der Operation war, wird als colineare Operation bezeichnet.

6) Wenn die zwei Richtungen einer Geraden äquivalent sind, so heißt die Gerade biterminal. Sind sie nicht äquivalent, dann ist sie uniterminal. Wenn zwei Structuren colinear sind, so müssen die Richtungen von jeder biterminalen Geraden in der einen mit äquivalenten Richtungen in der anderen coincidieren, aber die Richtungen der uniterminalen Geraden in der einen von zwei colinearen Structuren können entweder coincidieren mit den äquivalenten Richtungen der correspondierenden Geraden in der anderen oder zu ihnen entgegengesetzt sein. Wenn das erstere mit allen uniterminalen Geraden der Fall ist, so sind die Structuren, wie wir gesehen haben, codirectional; ist das letztere der Fall, so sollen sie contradirectional heißen.

Eine Operation, welche eine Structur in eine contradirectionale Beziehung zu sich selbst, so wie sie vorher war, bringt, wird contradirectionale Operation genannt[1]).

7) Alle colinearen Structuren müssen entweder codirectional oder contradirectional sein; denn wenn die Richtungen von einigen uniterminalen Geraden mit äquivalenten Richtungen übereinstimmen würden und die anderer entgegengesetzt zu äquivalenten Richtungen wären, so könnten andere coincidente Geraden, welche zwischen diesen liegen, nicht äquivalent sein, denn sie würden verschiedene krystallographische Beziehungen in beiden

1) Codirectionale und contradirectionale Operationen entsprechen nicht den Symmetrieoperationen erster und zweiter Art Hilton's.

Structuren haben. Jede colineare Operation muß in gleicher Weise entweder codirectional oder contradirectional sein.

8) Die codirectionalen, contradirectionalen und colinearen Operationen einer Structur drücken die Symmetrie aus, welche sie besitzt.

9) Wenn eine Structur durch eine Operation, wie sie durch die Bewegung eines starren Körpers nachgeahmt werden kann, mit einer anderen in eine codirectionale Beziehung gebracht werden kann, so werden die beiden congruent genannt. Wenn andererseits die eine Structur durch eine solche Operation oder Bewegung in eine contradirectionale, aber nicht in eine codirectionale Beziehung zu der anderen gebracht werden kann, so heißen sie enantiomorph. Zwei enantiomorphen Structuren wird dieselbe Form (§ 2, 2) zugeschrieben, obgleich ihre Anordnung im Raume sie verhindert, in eine codirectionale Coincidenz durch solche Bewegungen, wie sie von einem starren Körper ausgeführt werden können, gebracht zu werden.

§ 3. Verschiedene Arten von Operationen.

1) Reversion in bezug auf einen Punkt. — Jeder Punkt in der Structur wird in eine neue Lage übergeführt, sodaß die die alte und neue Lage verbindende Gerade durch ein und denselben festen Punkt, den Reversionspunkt halbiert wird[1]). Wenn eine Reversion in bezug auf einen Punkt eine codirectionale Operation der Structur ist, so müssen die beiden Richtungen jeder Geraden in der Structur einander äquivalent sein, oder mit anderen Worten, jede Gerade ist biterminal, und man sagt, die Structur besitze Punktsymmetrie oder centrale Symmetrie. Wenn die Structur Geraden mit nicht äquivalenten Richtungen enthält, d. h. also uniterminale Geraden, so wird die Reversion eine contradirectionale Operation der Structur sein.

2) Reversion in bezug auf eine Gerade. — Jeder Punkt wird in eine neue Lage übergeführt, sodaß die die alte und neue Lage verbindende Gerade senkrecht steht zu ein und derselben festen geraden Linie, der Reversionsgeraden, und von dieser halbiert wird. Ist eine solche Reversion eine codirectionale Operation der Structur, auf welche sie angewendet wird, so heißt die Reversionsgerade Symmetriegerade dieser Structur.

3) Reversion in bezug auf eine Ebene. — Jeder Punkt wird in eine neue Lage so übergeführt, daß die die alte und neue Lage verbindende Gerade senkrecht steht zu ein und derselben Ebene, der Reversionsebene, und von dieser halbiert wird. Ist dies eine codirectionale Operation, so ist die Ebene Symmetrieebene der Structur.

---

1) Bei der Beschreibung dieser Operationen wird vorausgesetzt, daß der Punkt, die Gerade oder die Ebene der Reversion oder die Drehungsaxe eine bestimmte Lage hat. Das Resultat ist indessen von dieser Lage unabhängig. Die Schwierigkeit wird vermieden, wenn man annimmt, daß alle Ebenen und Geraden der Reversion und alle Drehungsaxen durch den gleichen Punkt gehen und daß dieser auch Reversionspunkt ist.

4) Drehung um eine Gerade. — Jeder Punkt wird um eine Gerade, die Drehungsaxe, um den gleichen Winkel und in demselben Sinne gedreht. Ist der Drehungswinkel der $n$te Teil einer ganzen Umdrehung, so wird n die cyklische Zahl der Drehung genannt.

Die cyklische Zahl der kleinsten Drehung um eine Gerade, welche eine codirectionale Operation darstellt, wird die codirectionale cyklische Zahl oder codirectionale Zähligkeit der Geraden genannt.

Andererseits wird die cyklische Zahl der kleinsten Drehung um eine Gerade (wenn eine solche Drehung existiert), welche eine contradirectionale Operation darstellt, die contradirectionale cyklische Zahl oder contradirectionale Zähligkeit der Geraden genannt.

In der gleichen Weise ist die colineare cyklische Zahl oder colineare Zähligkeit einer Geraden die der kleinsten Drehung um sie, die eine colineare Operation der Structur ist.

5) Die colineare cyklische Zahl bildet die geeignetste Basis für die Classification und Nomenklatur der krystallographischen Systeme und Klassen (Min. Mag. 1910, **15**, 398; Ausz. diese Zeitschr. **52**, 92).

So ist z. B. im triklinen System die colineare Zähligkeit jeder Geraden gleich 1; in dem monoklinen und rhombischen System ist die höchste colineare Zähligkeit jeder Geraden 2; im trigonalen System ist sie 3; im tetragonalen 4; im hexagonalen 6; im kubischen System dagegen gibt es immer 4 Geraden mit der colinearen Zähligkeit 3.

Wählt man das tetragonale System als Beispiel, so findet man, daß in der Klasse IVBk (Chalkopyrit) und in der Klasse IVUk (s. § 4, 14) die codirectionale Zähligkeit der Hauptaxe 2 ist und daß die contradirectionale und die colineare Zähligkeit 4 beträgt, während in den übrigen fünf Klassen die codirectionale und colineare Zähligkeit 4 ist. Ähnliche Beziehungen bestehen in den anderen Systemen.

§ 4. Combination, Gleichheit und Äquivalenz von Operationen.

1) Die successive Anwendung der Operationen A und B bildet eine dritte Operation, die in der Form des Productes $A \cdot B$ ausgedrückt werden möge, und die wiederholte Anwendung der gleichen Operation A wird nach demselben Princip durch die entsprechende Potenz von A ausgedrückt.

2) Wenn zwei Operationen A und B dieselbe Änderung zum Endergebnisse haben, so werden sie gleich genannt und wir können schreiben $A = B$. Z. B. eine Drehung mit der cyklischen Zahl 1 ist gleich dem Nichteintreten einer Änderung, und eine mit der cyklischen Zahl 2 ist gleich einer Reversion in bezug auf die Drehungsaxe.

3) Wendet man auf eine Structur S (d. h. auf eine specielle Structur mit einer speciellen Lagerung im Raume) die Operationen A und B an und sind die Resultate derselben dabei bezüglich der Verteilung äquivalenter

Richtungen voneinander nicht zu unterscheiden, so werden die Operationen zueinander äquivalent genannt und wir schreiben: $[S]A(=)[S]B$, wobei S angibt, daß die Operation, welche folgt, auf die Structur S angewendet wird, und $(=)$ die Äquivalenz ausdrückt.

4) Die Gleichheit von zwei Operationen ist unabhängig von der Structur, auf welche sie angewendet werden, aber es ist zweckmäßig, die Gleichheit als einen speciellen Fall der Äquivalenz zu betrachten.

5) Ist eine Operation A gleich der successiven Anwendung der Operation B und der Operation C, und ist B eine codirectionale Operation einer Structur S, dann ist die auf S angewendete Operation A äquivalent zur Operation C, denn $[S]A = [S]B \cdot C(=)[S]C$.

6) Es ist klar, daß alle codirectionalen Operationen derselben Structur äquivalent zueinander und zu dem Nichteintreten einer Änderung sind, welches durch 1 bezeichnet werden kann. So können wir, wenn A und B codirectionale Operationen von S sind, schreiben $[S]A(=)[S]B(=)[S]1$. In der gleichen Weise sind alle contradirectionalen Operationen derselben Structur äquivalent, so zwar, daß $[S]A(=)[S]B(=)[S]R_i$, wenn A und B contradirectionale Operationen von S sind und R_i eine Reversion in bezug auf einen Punkt bedeutet; denn die Existenz einer contradirectionalen Operation schließt das Vorhandensein uniterminaler Geraden in sich, sodaß eine Reversion in bezug auf einen Punkt notwendig contradirectional ist (§ 3, 1).

7) Es ist leicht zu sehen, daß die Combination einer beliebigen Zahl codirectionaler Operationen selbst wieder eine codirectionale Operation ist, und ebenso ist die Combination einer geraden Anzahl contradirectionaler Operationen eine codirectionale Operation, während die Combination einer ungeraden Anzahl contradirectionaler Operationen, oder einer codirectionalen Operation und einer contradirectionalen Operation, eine contradirectionale Operation vorstellen.

Als specielle Fälle mögen erwähnt werden, daß erstens die Combination irgend einer contradirectionalen Operation mit einer Reversion in bezug auf einen Punkt eine codirectionale Operation ist und daß zweitens jede contradirectionale Operation zu irgend einer codirectionalen Operation, welche mit einer Reversion in bezug auf einen Punkt verbunden wird, äquivalent ist.

8) Da jede colineare Operation entweder codirectional oder contradirectional ist und da eine codirectionale oder contradirectionale Operation immer colinear ist, so sind alle Combinationen colinearer Operationen selbst wieder colinear.

9) Die Umkehrung einer Operation ist eine Operation, bei der die Wirkung der ursprünglichen oder directen Operation rückgängig gemacht wird. Sie wird bezeichnet durch das Symbol A^{-1}, wo A die directe Operation ist. Dann ist $A \cdot A^{-1} = 1$. Ist eine Operation A eine codirectionale

Operation einer Structur S, so wird die Umkehrung A ebenfalls eine codirectionale Operation von S sein; denn da $[S]A \cdot A^{-1}(=)[S]1$ und $[S]A(=)[S]1$, so ist $[S]A^{-1}(=)[S]1$. In der gleichen Weise ist die Umkehrung einer contradirectionalen Operation B ebenfalls eine contradirectionale Operation der ursprünglichen Structur; denn $[S]R_i \cdot B(=)[S]1$, wo R eine Reversion in bezug auf einen Punkt bedeutet (§ 4, 7). Man wende nun die inverse Operation B^{-1} an; dann ist $[S]R_i \cdot B \cdot B^{-1}(=)[S]B^{-1}$; da aber $B \cdot B^{-1} = 1$, so ist $[S]R_i(=)[S]B^{-1}$. Aus dem Obigen folgt, daß die Umkehrung einer colinearen Operation immer eine colineare Operation ist.

§ 5. Typen von Geraden und die krystallographischen Klassen.

1) Es sei C_α das Symbol für eine Drehung um eine Gerade um einen Winkel α und es sei dies die kleinste Drehung um die Gerade, welche eine colineare Operation der Structur S ergibt; dann sind alle Drehungen von der Form $C_{n\alpha}(= C_\alpha^n)$, wo n eine beliebige positive oder negative ganze Zahl ist, ebenfalls colineare Operationen von S.

Dies ist nicht der Fall bei irgend einer anderen Drehung um die gleiche Gerade; denn wenn eine Drehung $C_{(n+q)\alpha}$, wo n eine ganze Zahl und q ein Bruch kleiner als 1 ist, eine colineare Operation von S wäre, so würde $C_{(n+q)\alpha} \cdot C_{n\alpha}^{-1} = C_{(n+q-n)\alpha} = C_{q\alpha}$ ebenfalls colinear sein, was nach Voraussetzung unmöglich ist; denn $q\alpha$ ist kleiner als α.

Auf die gleiche Art kann gezeigt werden, wenn C_β eine codirectionale Operation von S ist, daß Drehungen von der Form $C_{n\beta}$, wo n eine ganze Zahl ist, und keine anderen um dieselbe Gerade codirectionale Operationen von S sind.

Da eine vollständige Umdrehung immer codirectional und colinear ist, so müssen die codirectionalen und colinearen Zähligkeiten immer ganze Zahlen sein.

2) Die kleinste Drehung um eine bestimmte Gerade, welche eine colineare Operation der Structur ist, muß entweder die kleinste codirectionale Drehung oder die kleinste contradirectionale Drehung um die gleiche Gerade sein. Im ersteren Falle müssen alle colinearen Drehungen codirectional sein, und es gibt keine contradirectionalen Drehungen. Im zweiten Falle wird, wenn eine Drehung um einen Winkel α die kleinste colineare und contradirectionale Drehung ist, eine Drehung um einen Winkel 2α die kleinste codirectionale Drehung sein. Die colinearen und contradirectionalen Zähligkeiten sind in diesem Falle einander gleich und das Doppelte der codirectionalen Zähligkeit. Die contradirectionale Zähligkeit ist also immer eine gerade Zahl.

Die codirectionalen und colinearen Zähligkeiten können 1, 2, 3, 4 oder 6 sein, die contradirectionalen Zähligkeiten 2, 4 oder 6. Alle anderen Zahlen sind unverträglich mit dem Gesetz der rationalen Indices und der molecularen Constitution der Materie.

Eine Gerade mit der codirectionalen, contradirectionalen oder colinearen Zähligkeit 2 oder darüber heißt Axe der codirectionalen, contradirectionalen oder colinearen Symmetrie mit der dem betreffenden Fall entsprechenden Zähligkeit.

3) Ist die codirectionale Zähligkeit einer Geraden gerade, sagen wir $2m$, so ist die Gerade Symmetriegerade der Structur; denn da eine Drehung um den $2m$ten Teil einer ganzen Drehung codirectional ist, so ist eine halbe Umdrehung, welche die m-fache Wiederholung dieser ist, ebenfalls codirectional, und sie ist gleich einer Reversion in bezug auf die Axe.

4) Der Zusammenhang einer Geraden mit der Symmetrie einer Krystallstructur kann ausgedrückt werden durch ein Symbol, welches besteht: 1) aus der colinearen Zähligkeit der Geraden; 2) aus einem Anfangsbuchstaben U (unilateral) oder B (bilateral), welcher das Nichtvorhandensein oder Vorhandensein von einer oder mehreren durch die Gerade gehenden Symmetrieebenen angibt; 3) aus einem der folgenden Buchstaben: k, welcher angibt, daß die Gerade contradirectionale Symmetrie besitzt; u, welcher bedeutet, daß sie uniterminal ist; c, welcher die Anwesenheit eines Symmetriepunktes oder Centrums angibt; und h (helical oder schraubenförmig), welcher die Anwesenheit einer oder mehrerer zu der ursprünglichen Geraden senkrechtstehender Symmetriegeraden und gleichzeitig das Nichtvorhandensein eines Symmetriecentrums andeutet, sodaß die Enden der Geraden in der gleichen Beziehung zueinander stehen, wie die Enden einer Schraube. Sie ist notwendig unilateral.

So ist die Symmetrie der Hauptaxe des Chalkopyrits ausgedrückt durch das Symbol 4Bk; die des Turmalins durch 3Bu; des Berylls durch 6Bc; des Dioptas durch 3Uc; des Quarzes (d. h. des gewöhnlichen oder α-Quarzes) durch 3Uh; des Benitoits durch 6Bk.

Dieses Symbol kann man als das Symbol für den Typ der Geraden oder Typsymbol der Geraden ansprechen.

5) Die krystallographische Klasse einer Krystallstructur kann durch das Symbol der Geraden mit der höchsten colinearen Zähligkeit ausgedrückt werden, welche für diesen Zweck als römische Ziffer statt als arabische geschrieben wird. Bei den Klassen des kubischen Systems ist indessen das Symbol, welches die Symmetrie der vier Geraden mit der colinearen Zähligkeit 3 ausdrückt, gewählt, aber mit dem großen Buchstaben C (cubisch) an Stelle der Ziffer (Min. Mag. 1910, **15**, 398; Ausz. diese Zeitschr. **52**, 92).

6) In der Tabelle I ist ein Verzeichnis der Symbole der krystallographischen Klassen mit den gebräuchlichen Namen der Systeme und Klassen gegeben, dem Namen einer in der betreffenden Klasse krystallisierenden Substanz (wo eine solche bekannt ist) und den Typsymbolen der Geraden, die in der Klasse auftreten. Es erweist sich als zweckmäßig, die Klassen durch ihre Symbole zu bezeichnen.

Tabelle I.

Symbol der Klasse	System	Klasse	Beispiel	Geradentypen in jeder Klasse
IUu	triklin	asymmetrisch	Calciumthiosulfat	1Uu
IUc	»	pinakoidal	Plagioklas	1Uc
IIUk	monoklin	domatisch	Klinoëdrit	1Uu, 1Bu, 2Uk
IIUu	»	sphenoidisch	Rohrzucker	1Uu, 1Uh, 2Uu
IIUc	»	prismatisch	Augit	1Uc, 1Bc, 2Uc
IIBu	rhombisch	pyramidal	Hemimorphit	1Uu, 1Bu, 1Uh, 2Bk, 2Bu
IIUh	»	bisphenoidisch	Epsomit	1Uu, 1Uh, 2Uh
IIBc	»	bipyramidal	Staurolith	1Uc, 1Bc, 2Bc
IVUk	tetragonal	bisphenoidisch	—	1Uu, 1Uh, 4Uk
IVBk	»	skalenoëdrisch	Chalkopyrit	1Uu, 1Bu, 1Uh, 2Bk, 2Uh, 4Bk
IVUu	»	pyramidal	Wulfenit	1Uu, 1Uh, 4Uu
IVBu	»	ditetrag.-pyramidal	Succinjodimid	1Uu, 1Bu, 1Uh, 2Bk, 4Bu
IVUh	»	trapezoëdrisch	Strychninsulfat	1Uu, 1Uh, 2Uh, 4Uh
IVUc	»	bipyramidal	Scheelit	1Uc, 1Bc, 4Uc
IVBc	»	ditetrag.-bipyram.	Rutil	1Uc, 1Bc, 2Bc, 4Bc
IIIUu	trigonal	trigonal-pyramidal	Natriumperjodat	1Uu, 3Uu
IIIBu	»	ditrigonal-pyramid.	Pyrargyrit	1Uu, 1Bu, 3Bu, 2Uk
IIIUh	»	trapezoëdrisch	α-Quarz [1]	1Uu, 1Uh, 3Uh, 2Uu
IIIUc	»	rhomboëdrisch	Phenakit	1Uc, 3Uc
IIIBc	»	skalenoëdrisch	Calcit	1Uc, 1Bc, 3Bc, 2Uc
VIUk	hexagonal	trigon.-bipyramidal	—	1Uu, 1Bu, 6Uk
VIBk	»	ditrigon.-bipyramid.	Benitoit	1Uu, 1Bu, 1Uh, 2Bk, 6Bk, 2Bu
VIUu	»	pyramidal	Nephelin	1Uu, 1Uh, 6Uu
VIBu	»	dihexagon.-pyramid.	Jodyrit	1Uu, 1Bu, 1Uh, 2Bk, 6Bu
VIUh	»	trapezoëdrisch	β-Quarz [1]	1Uu, 1Uh, 2Uh, 6Uh
VIUc	»	bipyramidal	Apatit	1Uc, 1Bc, 6Uc
VIBc	»	dihexag.-bipyramid.	Beryll	1Uc, 1Bc, 2Bc, 6Bc
CUu	kubisch	tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch	Natriumchlorat	1Uu, 3Uu, 1Uh, 2Uh
CBu	»	hexakistetraëdrisch	Diamant	1Uu, 1Bu, 3Bu, 1Uh, 2Bk, 4Bk
CUh	»	pentag.-ikositetraëd.	Cuprit	1Uu, 1Uh, 3Uh, 2Uh, 4Uh
CUc	»	dyakisdodekaëdrisch	Pyrit	1Uc, 3Uc, 1Bc, 2Bc
CBc	»	hexakisoktaëdrisch	Bleiglanz	1Uc, 1Bc, 3Bc, 2Bc, 4Bc

1) α-Quarz ist unterhalb 570° C., β-Quarz oberhalb 570° C. stabil (vgl. O. Mügge, Neues Jahrb. f. Min. usw. 1907, Festband, 181. Ausz. diese Zeitschr. **47**, 410.

Tabelle II gibt eine symmetrische Zusammenstellung der krystallographischen Klassen.

Tabelle II.

Colineare Zähligkeit	I	II	IV	III	VI	C = 4×III
System	Triklin	Monoklin u. rhombisch	Tetragonal	Trigonal	Hexagonal	Kubisch
Unilateral (U) Uniterminal (u)	IUu	IIUu	IVUu	IIIUu	VIUu	CUu
Central (c)	IUc	IIUc	IVUc	IIIUc	VIUc	CUc
Contradirectional (k)	—	IIUk	IVUk	—	VIUk	—
Helical (h)	(s. IIUu)	IIUh	IVUh	IIIUh	VIUh	CUh
Bilateral (B) Uniterminal (u)	(s. IIUk)	IIBu	IVBu	IIIBu	VIBu	CBu
Central (c)	(s. IIUc)	IIBc	IVBc	IIIBc	VIBc	CBc
Contradirectional (k)	—	(s. IIBu)	IVBk	—	VIBk	—

§ 6. Combinationen von Reversionen.

1) Eine zweite Anwendung der gleichen Reversion (sei es in bezug auf einen Punkt oder eine Gerade oder eine Ebene) führt eine Structur in ihre ursprüngliche räumliche Anordnung zurück. Mit anderen Worten, eine Reversion ist die Umkehrung zu sich selbst. Also ist, wenn R eine Reversion bezeichnet, $R^2 = 1$ und $R = R^{-1}$.

2) Die Combination von zwei äquivalenten Reversionen (oder von irgend zwei Operationen, die der gleichen Reversion äquivalent sind) ist eine codirectionale Operation; denn wenn $[S]R\,(=)\,[S]R'$, wo R und R' Reversionen sind, so ist $[S]R \cdot R'\,(=)\,[S]R'^2 = [S]1$.

Ist umgekehrt die Combination von zwei Reversionen eine codirectionale Operation, so ist die eine zur anderen äquivalent; denn wenn

$$[S]R \cdot R'\,(=)\,[S]1, \text{ so ist } [S]R\,(=)\,[S]R'^{-1} = [S]R'.$$

3) Es gibt drei Gruppen von je drei Reversionen, sodaß die Combination von irgend zwei Reversionen der gleichen Gruppe der dritten gleich ist. Diese Gruppen sind: a) Reversionen in bezug auf eine Ebene, ihre Normale und einen Punkt, b) Reversionen in bezug auf drei zueinander

senkrecht stehende Geraden, c) Reversionen in bezug auf zwei zueinander senkrecht stehende Ebenen und ihre Schnittlinie.

Diese Beziehungen sind leicht zu beweisen. Es werde z. B. in der Gruppe a) der Schnittpunkt der Normalen und der Ebene als Mittelpunkt und als Reversionspunkt gewählt[1]); ein beliebiger Punkt der Structur möge von einer als Pol betrachteten Richtung der Normalen eine Winkeldistanz φ und von irgend einem Meridian aus gerechnet ein Azimuth ψ haben. Dann werden nach einer Reversion in bezug auf die Ebene die Coordinaten des Punktes $\pi - \varphi$ und ψ sein, und nach einer darauffolgenden Reversion in bezug auf ihre Normale $\pi - \varphi$ und $\pi + \psi$. Die gleichen Coordinaten würden durch eine Reversion nach dem Mittelpunkt hervorgehen; die Entfernung vom Mittelpunkt bleibt dabei offenbar durchaus ungeändert.

Im Falle der Gruppe b) möge die Richtung einer der drei Geraden als Pol genommen werden und die einer zweiten Geraden zur Fixierung des Meridians dienen. Dann werden nach einer Reversion in bezug auf die letztere die Coordinaten $\pi - \varphi$ und $-\psi$ sein und nach einer darauffolgenden Reversion in bezug auf die dritte Gerade φ und $\pi + \psi$, ein Resultat, welches man durch eine einfache Reversion in bezug auf die erste Gerade erhalten hätte.

Die Resultate dieser Combinationen sind von der Reihenfolge der Reversionen unabhängig; denn ist $R_1 \cdot R_2 = R_3$, wo R_1, R_2 und R_3 Reversionen derselben Gruppe sind, so ist $R_1 \cdot R_2 = R_3 = R_3^{-1} = R_2^{-1} R_1^{-1} = R_2 \cdot R_1$.

4) Es folgt aus der Gruppe a), daß eine Drehung um eine Axe mit der Zähligkeit 2 (§ 4, 2) in Verbindung mit einer Reversion in bezug auf einen Punkt gleich einer Reversion nach der auf der Axe senkrecht stehenden Ebene ist.

5) Ist die Zähligkeit einer Axe der contradirectionalen Symmetrie $2m$, wo m ungerade ist, so gibt es eine senkrecht zur Axe stehende Symmetrieebene.

Es sei nämlich C_α die kleinste Drehung um die Axe, welche contradirectional ist; dann ist $C_{m\alpha}$ $(= C_\alpha^m)$ ebenfalls contradirectional, da m ungerade ist. Sei R_l eine Reversion in bezug auf die Axe, R_p eine Reversion in bezug auf eine senkrecht zu dieser stehende Ebene und R_i eine Reversion in bezug auf einen Punkt. Dann ist

$$[S] R_p = [S] R_l \cdot R_i = [S] C_\pi \cdot R_i = [S] C_{m\alpha} \cdot R_i \,(=)\, [S] 1 \quad (\S\ 4,\ 7).$$

6) Eine Combination zweier Reversionen R und R' in bezug auf zwei Geraden l und l', welche einen Winkel ϑ miteinander bilden, ist gleich der Drehung um eine zu beiden senkrecht stehende Axe um einen Winkel 2ϑ im Sinne von l nach l' oder von l' nach l, je nachdem R oder R' zuerst ausgeführt wird. Also ist $R \cdot R' = C_{2\vartheta}$ und $R' \cdot R = C_{-2\vartheta}$.

1) Siehe Fußnote zu § 3, 1.

Es möge nämlich der Schnittpunkt der beiden Geraden und der Axe als Mittelpunkt gewählt werden, die eine Richtung der Axe als Pol. Ein beliebiger Punkt der Structur möge von diesem Pol die Winkelentfernung φ und das Azimuth ψ haben, wenn das von l gleich 0 und von l' gleich ϑ ist. Dann ist nach einer Reversion bezüglich l die Poldistanz und das Azimuth des Punktes bezw. $\pi - \varphi$ und $-\psi$ und nach der Reversion in bezug auf die Gerade l' φ und $\vartheta + \vartheta + \psi = 2\vartheta + \psi$.

7) In gleicher Weise ist die Combination zweier Reversionen R und R' in bezug auf zwei einen Winkel ϑ einschließende Ebenen gleich einer Drehung um die Schnittlinie um einen Winkel 2ϑ; oder was auf dasselbe herauskommt, die Combination von Reversionen in bezug auf zwei Ebenen, deren Normalen n und n' einen Winkel ϑ miteinander bilden, ist gleich einer Drehung um eine auf beiden Normalen senkrecht stehende Axe um einen Winkel 2ϑ von n nach n' oder von n' nach n, je nachdem R oder R' zuerst ausgeführt wird.

8) Die einzige Combination zweier Reversionen, die noch zu betrachten ist, ist die, bei der eine Reversion in bezug auf eine Gerade combiniert wird mit einer Reversion in bezug auf eine Ebene, deren Normale einen Winkel ϑ mit der Geraden bildet. Wie man durch Zerlegung der Reversion nach der Ebene in eine Reversion nach ihrer Normalen und eine Reversion nach einem Punkte erkennt, ist die in Rede stehende Combination zweier Reversionen gleich der Combination einer Reversion nach einem Punkt mit einer Drehung um den Winkel 2ϑ um eine Axe, welche auf der Geraden und der Normalen senkrecht steht; dabei correspondiert der Drehungssinn mit der Reihenfolge der Reversionen.

§ 7. Die Symmetrie einer Ebene.

1) In der vorliegenden Arbeit soll der Ausdruck, »die Symmetrie einer Ebene« auf ihre Symmetrie nach zwei Dimensionen beschränkt sein. Diese ist bestimmt durch die Verteilung äquivalenter Richtungen in der Ebene und ist von den übrigen Symmetrieverhältnissen der Structur unabhängig. Sie schließt soviel von der Symmetrie der Structur ein, als mit der Eigenschaft der Ebene, daß sie ohne Dicke ist, sich verträgt; d. h. sie kann eine Ebene, Gerade oder Axe der Symmetrie, welche senkrecht zu der Ebene steht, einschließen, ferner eine Gerade der Symmetrie, welche in ihr liegt, und eine Punktsymmetrie; aber nicht eine Ebene, Gerade oder Axe der Symmetrie, die schief zu der Ebene ist, oder eine in ihr liegende Axe der Symmetrie mit einer größeren Zähligkeit als 2.

Da es nach der gemachten Voraussetzung keinen Unterschied zwischen den entgegengesetzten Seiten einer Ebene gibt, so ist eine Reversion einer Ebene in bezug auf die Ebene selbst — da sie ja nur in einer Vertauschung beider Seiten besteht — immer eine codirectionale Operation der Ebene, sei es eine codirectionale Operation der Structur oder nicht.

Ist eine Reversion in bezug auf eine Ebene mit einer Operation combiniert, welche sowohl für die Ebene als auch für die Structur, der sie angehört, eine codirectionale Operation ist, so ist die Combination in gleicher Weise eine codirectionale Operation der Ebene, aber sie ist eine codirectionale Operation der Structur oder nicht, je nachdem die Reversion nach der Ebene eine codirectionale Operation der Structur ist oder nicht.

Z. B., wenn eine Structur Punktsymmetrie besitzt, so ist die Normale zu einer Ebene eine Symmetriegerade der Ebene (§ 6, 3. Gruppe a), aber sie ist nur dann eine Gerade der Symmetrie für die Structur, wenn die Ebene eine Symmetrieebene der Structur ist.

2) Demgemäß sind die einzigen Operationen, welche codirectionale Operationen einer Ebene aber nicht der Structur sind, 1) eine Reversion nach der Ebene und 2) Combinationen einer solchen Reversion mit einer Operation, welche eine codirectionale Operation sowohl für die Ebene als auch für die Structur bildet, der diese angehört.

3) Eine Ebene, welche eine Symmetrieebene der Structur ist, kann keine Symmetrie besitzen, welche nicht von der letzteren geteilt wird.

4) Eine Drehung um die Normale einer Ebene um π ist immer eine colineare Operation der Ebene. Die Zähligkeit der Normalen in bezug auf die Ebene muß also immer gerade sein, und wenn ihre colineare Zähligkeit in bezug auf die Structur ungerade ist, so muß die erstere das Doppelte der letzteren sein.

§ 8. Gemeinsame Geraden und Ebenen.

1) Die Coincidenz von Geraden und Ebenen kann durch Ausdrücke bezeichnet werden, welche den bei der Coincidenz von Structuren verwendeten ähnlich sind (§ 2).

Wenn zwei äquivalente Gerade verschiedener Structuren coincidieren, so bilden die beiden Geraden eine gemeinsame Gerade, sei es nun, daß ihre äquivalenten Richtungen ebenfalls übereinstimmen oder nicht. Wenn jede Richtung der einen Geraden mit einer äquivalenten Richtung der anderen übereinstimmt, so sind die beiden Geraden codirectional. Sind die beiden zusammenfallenden Geraden biterminal, oder mit anderen Worten, sind die beiden Richtungen von jeder einander äquivalent, so sind die beiden Geraden notwendig codirectional. Wenn sie andererseits uniterminal sind, sodaß jede zwei nicht äquivalente Richtungen hat, so sind sie entweder codirectional, oder ihre äquivalenten Richtungen sind einander entgegengesetzt und die Geraden sind contradirectional. Die Ausdrücke codirectional und contradirectional können auch auf die gemeinsame Gerade angewandt werden, welche von zwei codirectionalen oder contradirectionalen Geraden gebildet wird.

2) Fallen zwei äquivalente Ebenen, die verschiedenen Structuren angehören, zusammen, so bilden sie eine gemeinsame Ebene, ob nun äquivalente Geraden in den beiden Ebenen zusammenfallen oder nicht. Wenn jede Gerade in der einen Ebene zusammenfällt mit einer äquivalenten Geraden in der anderen, sodaß jede Gerade in der gemeinsamen Ebene eine gemeinsame Gerade ist, so werden die zusammenfallenden Ebenen und auch die gemeinsame Ebene colinear genannt (vergl. § 2, 5). Coincidiert in einer colinearen gemeinsamen Ebene jede Richtung der einen der zusammenfallenden Ebenen mit einer äquivalenten Richtung in der anderen, sodaß jede gemeinsame Gerade in der gemeinsamen Ebene codirectional ist, so sind die beiden Ebenen auch codirectional (§ 2, 3). Ist jede Gerade in den zusammenfallenden Ebenen einer colinearen gemeinsamen Ebene biterminal, so sind die Ebenen notwendig codirectional. Dies ist der Fall, wenn die Structur eine Punktsymmetrie besitzt, oder wenn die Normale eine Symmetriegerade der Structur ist. Gibt es indessen Geraden mit nicht äquivalenten Richtungen in den zusammenfallenden Ebenen einer colinearen gemeinsamen Ebene, so müssen die entsprechenden gemeinsamen Geraden entweder codirectional oder contradirectional sein und die Ebenen sind demgemäß codirectional oder contradirectional. Eine contradirectionale gemeinsame Ebene enthält indessen codirectionale gemeinsame Geraden, wenn die zusammenfallenden Ebenen biterminale Geraden enthalten (vergl. § 2, 6).

3) Bilden zwei coincidierende äquivalente Ebenen eine gemeinsame Ebene, so coincidieren ihre Normalen und bilden eine gemeinsame Gerade. Umgekehrt ist eine senkrecht zu einer gemeinsamen Geraden stehende Ebene eine gemeinsame Ebene (§ 2, 4).

§ 9. Zwillingsebenen und -axen.

1) Wenn in einem Krystallgebilde, das aus zwei Structuren der gleichen Form besteht, eine gemeinsame colineare Ebene existiert, aber die beiden Structuren nicht codirectional sind, so heißt die gemeinsame Ebene eine Zwillingsebene und die von ihrer Normalen gebildete gemeinsame Gerade eine Zwillingsaxe; die beiden Structuren bilden zusammen einen Zwillingskrystall.

2) Eine Zwillingsebene bildet die häufigste Form der Berührungs- oder Verwachsungsebene zwischen den beiden Structuren eines Zwillingskrystalles und sie ist dann immer eine mögliche Fläche in beiden Structuren, wobei solche Flächen natürlich einander äquivalent sind. In einer solchen Ebene befindet sich ein Molekülnetz, das zu jeder Structur gehört, identisch in Form und Dimensionen und so gelegen ist, daß die Zwischenräume zwischen allen parallelen Molekülreihen in den beiden Netzen dieselben sind, un-

geachtet der Tatsache, daß die Gitter der beiden Structuren in anderer Hinsicht verschiedene Anordnung im Raum besitzen.

3) Bildet eine Zwillingsebene oder eine andere gemeinsame Ebene eine Berührungsebene, so kann sie reale Zwillingsebene oder reale gemeinsame Ebene genannt werden. Wenn indessen andererseits die beiden zusammenfallenden Ebenen einer Zwillingsebene oder einer gemeinsamen Ebene mathematisch, aber nicht physikalisch zusammenfallen, so möge sie als ideale Zwillingsebene oder ideale gemeinsame Ebene bezeichnet werden. In der gleichen Weise kann eine gemeinsame Gerade, welche parallel zu einer Berührungsebene ist, als reale gemeinsame Gerade bezeichnet werden und eine solche, welche nicht parallel zu der Berührungsebene ist, als ideale gemeinsame Gerade. Ideale gemeinsame Ebenen und Geraden haben gewöhnlich keine structurelle Bedeutung.

4) Eine Zwillingsebene kann, wie andere gemeinsame Ebenen, und eine Zwillingsaxe, wie andere gemeinsame Geraden, codirectional oder contradirectional sein.

§ 10. Zwillingsoperationen.

1) Wir gehen nun dazu über, die geometrischen Beziehungen zwischen den zusammentretenden Structuren eines Zwillingskrystalles zu bestimmen, wie sie durch die in § 9 ausgesprochene Definition einer Zwillingsebene gegeben sind. Wir können die beiden Structuren ursprünglich als Teile von einer homogenen krystallinischen Structur und demgemäß als codirectional zueinander ansehen und von der Anschauung ausgehen, daß eine Operation auf eine derselben angewendet wurde, welche in einer solchen Änderung ihrer räumlichen Anordnung besteht, daß eine reale oder ideale Zwillingsebene durch sie hervorgebracht wird. Eine solche Operation möge als Zwillingsoperation bezeichnet werden[1]). Eine Zwillingsoperation muß demgemäß eine Ebene in dem Teile, auf welchen sie angewendet wird, in Coincidenz mit einer äquivalenten Ebene in dem anderen Teile bringen, so zwar, daß die beiden Ebenen colinear, aber die Structuren nicht mehr codirectional sind.

2) Wir können uns indessen auf den Fall beschränken, in dem die beiden zusammenfallenden Ebenen der Zwillingsebene vor der Anwendung der Zwillingsoperation identisch waren. Denn es möge durch eine Zwillingsoperation U eine Ebene q' in dem Teil S', auf welchen U angewendet wird, in eine colineare Relation mit einer davon verschiedenen aber äqui-

1) Es ist kaum notwendig zu erwähnen, daß in der Natur die Zwillingskrystalle nicht auf diese Weise entstehen, ausgenommen in dem Falle, bei dem sich Zwillinge durch Bewegungen entlang einer Gleitfläche bilden. Hier sind es jedoch die einzelnen Moleküle, die sich bewegen und nicht die Structur als Ganzes; die eingetretene Änderung indes genügt der in § 1, 2 gegebenen Definition einer Operation.

valenten Ebene p in dem ungeänderten Teil S gebracht werden, sodaß sie eine Zwillingsebene bildet; dann ist es möglich das gleiche Resultat zu erhalten, indem man zuerst auf S' eine codirectionale Operation V anwendet, welche p', den Teil der Ebene p, der in S' liegt, in die frühere Lage von q' bringt und indem man dann die Operation U anwendet. Es wird infolgedessen genügen, die Zwillingsoperation $T = U \cdot V$ zu betrachten, durch welche die Zwillingsebene von zwei Teilen gebildet wird, die schon ursprünglich dieselbe Ebene bildeten.

Es folgt daraus, daß die Beziehung, welche zwischen den zusammentretenden Structuren eines Zwillingskrystalles besteht, zustande gebracht werden kann, indem man auf einen Teil der unverzwilligten Structur eine Operation anwendet, welche eine colineare Operation einer Ebene, aber keine codirectionale Operation der Structur ist. Es ist auch klar, daß jede Operation, welche diese Bedingungen erfüllt, eine Zwillingsoperation ist. Eine solche colineare Operation einer Ebene muß entweder eine codirectionale oder eine contradirectionale Operation der Ebene sein.

3) Eine Reversion nach einer Ebene ist, wie wir gesehen haben, immer eine codirectionale Operation der Ebene selbst und verwandelt infolgedessen, falls sie auf einen Teil einer gleichförmigen Structur angewendet wird, die Ebene in eine Zwillingsebene, vorausgesetzt natürlich, daß sie keine Symmetrieebene der Structur ist; denn in diesem Falle würden die beiden Teile der Structur auch nach der Operation noch in codirectionaler Beziehung stehen und so einen einfachen Krystall bilden.

4) Irgend eine andere Operation U, welche eine codirectionale Operation der gleichen Ebene, aber nicht der Structur ist, muß gleich sein der Combination einer Operation V, welche eine codirectionale Operation sowohl der Ebene als auch der Structur ist, und einer Reversion R in bezug auf die Ebene (§ 7, 2). Wenn nun die Operation U auf die Structur angewendet wird, so ist sie äquivalent zu R, da V eine codirectionale Operation der Structur ist (§ 4, 5). Demgemäß ist jede Zwillingsoperation, welche eine codirectionale Operation einer Ebene ist, äquivalent zu einer Reversion der Structur nach der Ebene.

5) Eine contradirectionale Operation einer Ebene kann keine codirectionale Operation der Structur sein; daher wird sie, auf einen Teil der Structur angewendet, immer zur Entstehung einer Zwillingsebene Anlaß geben. Sie kann zerlegt werden in eine codirectionale Operation der Ebene und eine Reversion nach einem Punkt (§ 4, 7). Aber eine codirectionale Operation einer Ebene muß entweder eine codirectionale Operation der Structur sein, oder eine Reversion in bezug auf die Ebene, oder eine Operation, welche auf die Structur angewendet zu der letzteren äquivalent ist (§ 7, 2). Die successive Anwendung einer codirectionalen Operation einer

Ebene und einer Reversion nach einem Punkt muß infolgedessen entweder einer Reversion nach einem Punkt oder einer Reversion nach der Normalen der Ebene äquivalent sein (§ 6, 3. Gruppe a), und keine andere contradirectionale Zwillingsoperation braucht betrachtet zu werden. Aber damit die Operationen zu einer contradirectionalen Zwillingsebene Anlaß geben, muß die ursprüngliche Ebene uniterminale Geraden enthalten; mit anderen Worten, die Normale darf keine Symmetriegerade der Structur sein und die Structur darf kein Symmetriecentrum besitzen.

6) Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so sind die in Rede stehenden Operationen codirectionale Operationen der Ebene und geben zu codirectionalen Zwillingsebenen Anlaß, vorausgesetzt, daß in dem Falle der Reversion nach einem Punkt die Structur kein Symmetriecentrum besitzt und daß in dem Falle der Reversion nach der Normalen diese keine Symmetriegerade der Structur ist; die Operationen müssen, wie alle anderen codirectionalen Zwillingsoperationen zu Reversionen nach der Ebene äquivalent sein (siehe § 10, 4 und § 13, 1 und 2).

§ 11. Arten der Zwillingsbildung und Typen von Zwillingsaxen.

1) Es ist nunmehr gezeigt worden, daß jeder Zwillingskrystall durch eine Reversion eines Teiles der Structur nach einer Ebene, einer Geraden oder einem Punkt erhalten werden kann, und daß keine anderen Zwillingsoperationen betrachtet zu werden brauchen. Es ist auch bewiesen worden, daß jede solche Operation in der Bildung einer Zwillingsebene resultiert, vorausgesetzt, daß sie keine codirectionale Operation der Structur ist.

2) Jede von diesen drei Reversionen kann als eine Art der Zwillingsbildung oder als Zwillingsgesetz bezeichnet werden. Geschieht die Zwillingsbildung durch Reversion nach einer Ebene, welche Ebenenverzwilligung genannt werden möge, so ist die Ebene die Zwillingsebene und ihre Normale die Zwillingsaxe. Geschieht sie durch Reversion in bezug auf eine Gerade, so möge sie Geradenverzwilligung heißen; die Gerade ist die Zwillingsaxe und die Ebene, auf der sie senkrecht steht, die Zwillingsebene. Geschieht sie durch Reversion in bezug auf einen Punkt, so heißt sie Punktverzwilligung; jede Ebene hat die Eigenschaften einer Zwillingsebene und jede Gerade kann als Zwillingsaxe betrachtet werden.

3) In dem Falle der Ebenenverzwilligung ist die correspondierende Zwillingsebene immer codirectional; aber die Zwillingsaxe kann entweder codirectional oder contradirectional sein; bei der Geradenverzwilligung kann die Zwillingsebene entweder codirectional oder contradirectional sein, aber die Axe ist immer codirectional; und bei der Punktverzwilligung können sowohl Zwillingsebene als -axe entweder codirectional oder contradirectional sein.

4) Da eine Zwillingsoperation keine codirectionale Operation der Structur ist (§ 10, 2), so kann eine Symmetrieebene keine Zwillingsebene mit einer Ebenenverzwilligung sein; eine Symmetriegerade kann keine Zwillingsaxe mit einer Geradenverzwilligung sein, und ein Symmetriecentrum ist unverträglich mit einer Punktverzwilligung.

5) Es mögen nun die verschiedenen Typen von Zwillingsaxen aufgezählt werden. In jedem Falle ist das Typsymbol der Geraden, welche die Zwillingsaxe bildet, zuerst angegeben und mit ihr in Klammern die krystallographischen Klassen (gewöhnlich durch ihre Symbole bezeichnet), in denen sie vorkommen. Auf diese folgen die Typsymbole der Zwillingsaxe bezw. -axen, welche von der Geraden gebildet werden können. In jedem Falle sind Beispiele angegeben, sofern solche bekannt sind; das Typsymbol einer Zwillingsaxe wird gebildet, indem man zu dem Typsymbol der Geraden den Anfangsbuchstaben P, L oder I hinzufügt, je nachdem sie eine Axe der Ebenen-, Geraden- oder Punktverzwilligung ist. Ist sie eine Axe von zwei Zwillingsgesetzen, so werden beide entsprechende Buchstaben verwendet[1]).

Die Typen von Zwillingsaxen sind durch Figuren erläutert, welche stereographische Projectionen der allgemeinen Flächen auf die Zwillingsebene sind. Zwei entgegengesetzte äquivalente parallele Flächen werden dargestellt durch eine einzige kleine Scheibe in der Lage der Projection der oberen Fläche. Entgegengesetzte Flächen, welche nicht äquivalent sind, treten nicht in der gleichen Form auf. Eine obere Fläche ohne äquivalente parallele untere Fläche ist durch ein + mit einer Scheibe im Mittelpunkt gekennzeichnet ✦; eine untere Fläche ohne äquivalente obere Fläche durch ein — mit Scheibe ⸰ in der Lage, welche eine parallele obere Fläche einnehmen würde[2]).

Eine kurze radiale Linie, welche vom Kreisumfang der Figur nach innen gezogen ist, deutet die Lage einer Symmetriegeraden in der Projectionsebene an. Andere Symmetriebeziehungen leuchten unmittelbar aus der Projection ein. Ist z. B. ein Centrum der Symmetrie vorhanden, so sind keine positiven oder negativen Zeichen verwendet, denn jede Gerade hat zwei äquivalente Richtungen.

Die erste von jeder Gruppe von Figuren zeigt die Structur vor Anwendung der Zwillingsoperation und die andere oder anderen die gleiche Structur nach Anwendung einer solchen.

Die Lage einer Axe einer Geradenverzwilligung, welche in der Zeichenebene liegt, ist angedeutet durch eine radiale Gerade, welche vom Kreisumfang nach außen geht, und die einer Axe der Ebenenverzwilligung durch eine kürzere radiale Linie, die durch eine andere auf ihr senkrecht stehende längere begrenzt ist; im Falle einer Zwillingsaxe sowohl mit Geraden- als auch Ebenenverzwilligung ist die radiale Linie nach außen über die zweite Linie hinaus fortgesetzt. Punktverzwilligung wird durch einen kleinen Kreis im Mittelpunkt des Diagramms angedeutet.

---

1) Eine Gerade kann nicht gleichzeitig eine Axe aller drei Zwillingsgesetze sein (§ 13, 1).

2) Das Vorhandensein zweier nicht äquivalenter Flächen wird durch $\overset{+}{\underset{-}{\bullet}}$ bezeichnet. (S. Min. Mag. **15**, 401.)

Fig. 1.

1Uu 1UuP 1UuL 1UuI

3Uu 3UuP 3UuL 3UuI

1Bu 1BuP 1BuL 1BuI

3Bu 3BuP 3BuL 3BuI

1Uh 1UhP 1UhL 1UhI

6) Uniterminale Geraden mit ungerader colinearer und codirectionaler Zähligkeit ergeben verschiedene Zwillingskrystalle bei den drei verschiedenen Arten der Zwillingsbildung. Bei Ebenenverzwilligung ist die Zwillingsebene codirectional, während sie bei Geraden- und Punktverzwilligung contradirectional ist. Bei Geradenverzwilligung ist die Zwillingsaxe codirectional, während sie bei Ebenen und Punktverzwilligung contradirectional ist.

1 Uu[1]) (in allen krystallographischen Klassen ohne Centrum der Symmetrie): 1 UuP, Zwillingsaxe 1) eines Chalkopyritzwillings nach (101) (Fletcher, Phil. Mag. 1882, **14**, 276; diese Zeitschr. 7, 321), 2) von »symmetrischen« Zwillingen des Rechts- und Linksquarzes nach einer zur Hauptaxe geneigten Zwillingsebene, z B. (125) oder nach der Ebene senkrecht zu [210]; 1 UuL, Zwillingsaxe von Zwillingen des Links- oder des Rechtsquarzes mit geneigter Zwillingsebene; 1 UuI, alle Geraden im »brasilianischen« Quarzzwilling, ausgenommen Symmetriegeraden und Geraden senkrecht zu diesen (§ 11, 2).

3Uu (in IIIUu, CUu): 3UuP; 3UuL; 3UuI, Normalen zu den Tetraëderflächen bei den Durchkreuzungszwillingen des Natriumchlorats (CUu).

1 Bu (in IIUk, IIBu, IVBk, IVBu, IIIBu, VIUk, VIBk, VIBu, CBu): 1 BuP, Normale zu einer Fläche eines trigonalen Prismas erster Art bei dem Proustitzwilling, beschrieben unter 3 BuL (1) (siehe § 17, 2); 1 BuL, Zwillingsaxe: 1) eines Chalkopyritzwillings nach (111); 2) eines Pyrargyritzwillings nach einer Rhomboëderfläche; 3) eines Pyrargyritzwillings nach einer Fläche eines trigonalen Prismas erster Art, beschrieben von Haidinger (Edinb. Journ. Sci. 1824, **1**, 326; siehe Miers, Min. Mag. 1888, 8, 82; diese Zeitschr. **15**, 172), siehe 3 BuP; 1 BuI, irgend eine Gerade in einer Symmetrieebene, aber ohne andere Symmetriebeziehungen, bei einem Zwillingskrystalle mit Punktverzwilligung.

3Bu (in IIIBu, CBu): 3BuP (1), Hauptaxe des Pyrargyrits bei dem Zwilling 1 BuL 3); 3BuL, 1) Hauptaxe des Proustits bei Zwilling nach der Basis (Miers, Min. Mag. 1888, 8, 81; diese Zeitschr. **15**, 171); 2) Normale zu (111) bei Zwillingsbildung des Sphalerits nach dieser Fläche (Ph. Hochschild, N. Jahrb. f. Min. usw. 1908, Beil.-Bd. **26**, 197—205; Ausz. diese Zeitschr. **49**, 395); 3BuI, 1) Normalen zu den Tetraëderflächen der Durchkreuzungszwillinge des Eulytins und Diamants (Klasse CBu), 2) Hauptaxe des Pyrargyrits bei Geradenverzwilligung mit den Normalen zu den Symmetrieebenen als Zwillingsaxen (Miers, Min. Mag. 1888, 8, 78; diese Zeitschr. **15**, 168); siehe 2UkLI.

7) Geraden mit ungerader colinearer und codirectionaler Zähligkeit, die senkrecht zu einer oder mehreren Symmetriegeraden stehen, aber ohne

1) Siehe die Projectionen S. 345.

Fig. 2.

3Uh 3UhP 3UhL 3UhI

1Uc 1UcPL 3Uc 3UcPL

1Bc 1BcPL 3Bc 3BcPL

Symmetrie-Ebene 2Uk

Symmetrie-Ebene 2UkLI

Symmetrie-Ebene bUk

Symmetrie-Ebene bUkLI

Symmetrie-Ebene 2Bk

Symmetrie-Ebene 2BkLI

Symmetrie-Ebene bBk

Symmetrie-Ebene bBkLI

Punktsymmetrie sind (§ 5, 4 (3)), ergeben ebenfalls bei verschiedenen Zwillingsgesetzen verschiedene Zwillingskrystalle. Bei Ebenenverzwilligung ist die Zwillingsebene codirectional, während sie bei Geraden- und Punktverzwilligung contradirectional ist; die Zwillingsaxe ist immer codirectional.

1Uh (in IIUu, IIBu, IIUh, IVUk, IVBk, IVUu, IVBu, IVUh, IIIUh, VIBk, VIUu, VIBu, VIUh, CUu, CBu, CUh): 1UhP, 1UhL und 1UhI. Beispiele begegnen uns bei den unter 3Uh aufgezählten Zwillingen des Quarzes und den auf S. 359 beschriebenen Nephelinzwillingen.

3Uh[1]) (in IIIUh, CUh): 3UhP, Hauptaxe des Quarzes bei dem »links-rechts-drehenden β-Zwilling« des Quarzes; 3UhL, Hauptaxe des Quarzes bei dem rechtsdrehenden (oder linksdrehenden) Quarzzwilling; 3UhI, Hauptaxe bei den »Brasilianischen« Quarzzwillingen (genauere Untersuchung dieser Quarzzwillinge siehe bei Lewis, Crystallography 1899, 519—523).

8) Bei Geraden mit ungerader colinearer und codirectionaler Zähligkeit und mit Punktsymmetrie ist Ebenen- und Geradenverzwilligung identisch und keine Punktverzwilligung möglich. Die Zwillingsebenen und -axen sind codirectional.

1Uc (in allen Klassen mit Punktsymmetrie): 1UcPL, Zwillingsaxe 1) aller Zwillinge des Plagioklases und anderer Krystalle der Klasse IUc; 2) Zwillingsaxe schief zu einer Symmetrieebene in der Klasse IIUc, wie im Falle der Bavenoër Zwillinge des Orthoklases; 3) Zwillingsaxe normal zu einer Pyramidenfläche in der Klasse IIBc, wie bei den Zwillingen nach (112) beim Chalkosin und nach (232) beim Staurolith.

3Uc (in IIIUc, CUc): 3UcPL, Hauptaxe des Phenakits bei dem Zwilling von Framont in den Vogesen (E. Beyrich, Pogg. Ann. 1835, **34**, 521—522; 1837, **41**, 328—332; Lacroix, Minéralogie de la France, Paris 1893—1895, **1**, 204—206).

1Bc (in IIUc, IIBc, IVUc, IVBc, IIIBc, VIUc, VIBc, CUc, CBc): 1BcPL, Zwillingsaxe 1) der Karlsbader und Manebacher Zwillinge des Orthoklases; 2) der Zwillinge der monoklinen Hornblenden und der monoklinen Pyroxene nach (100); 3) der Zwillinge des Stauroliths nach (032) und (130) und des Aragonits nach (110); 4) der Scheelitzwillinge (IVUc) nach den Flächen der Prismen erster und zweiter Art; 5) der Ergänzungszwillinge des Pyrits nach den Flächen des Rhombendodekaëders.

3Bc (in IIIBc, CBc): 3BcPL, Zwillingsaxe a) von Calcit- und Chabasitzwillingen nach der Basis und b) von Spinell- und Flußspatzwillingen nach dem Oktaëder.

---

1) Siehe die Projectionen S. 347.

Fig. 3.

4Uk 4UkPI 4Bk 4BkPI

2Uu 2UuPI 4Uu 4UuPI

6Uu 6UuPI 2Bu 2BuPI

4Bu 4BuPI 6Bu 6BuPI

2Uh 2UhPI 4Uh 4UhPI

9) Geraden mit der colinearen und contradirectionalen Zähligkeit 2 oder 6. Da die Zwillingsebene hier eine Symmetrieebene ist (§ 6, 5), so kann es keine Ebenenverzwilligung geben, während Geraden- und Punktverzwilligung äquivalent sind (§ 13, 3). Die Zwillingsebene ist contradirectional und die Zwillingsaxe codirectional.

2Uk (in IIUk, IIIBu): 2UkLI, Zwillingsaxen senkrecht zu den Symmetrieebenen bei den unter 3BuI erwähnten Pyrargyritzwillingen.

6Uk (in VIUk): 6UkLI.

2Bk (in IIBu, IVBk, IVBu, VIBk, VIBu, CBu): 2BkLI, die Normalen zu den Rhombendodekaëderflächen bei Eulytinzwillingen mit Punktverzwilligung.

6Bk (in VIBk): 6BkLI.

10) Andere Zwillingsaxen mit gerader colinearer Zähligkeit sind Symmetriegeraden der unverzwilligten Structur und können daher keine Axen der Geradenverzwilligung sein. Ebenen- und Punktverzwilligung sind äquivalent (§ 13, 2). Die Zwillingsebene ist codirectional; dies ist auch der Fall bei der Zwillingsaxe, außer wenn ihre Richtungen in der unverzwilligten Structur ungleichwertig sind.

4Uk (in IVUk): 4UkPI[1]).

4Bk (in IVBk, CBu): 4BkPI, a) Hauptaxe des Chalkopyrits bei Zwillingen nach der Basis; b) krystallographische Axen in den Durchkreuzungszwillingen des Eulytins und des Diamants.

2Uu (in IIUu, IIIUh): 2UuPI, die Symmetriegeraden der Brasilianischen Quarzzwillinge.

4Uu (in IVUu): 4UuPI.

6Uu (in VIUu): 6UuPI. Hauptaxe der in § 21, 6 angeführten Nephelinzwillinge.

2Bu (in IIBu, VIBk): 2BuPI, Verticalaxe bei den »symmetrischen« Zwillingen des Hemimorphits nach der Basis.

4Bu (in IVBu): 4BuPI.

6Bu (in VIBu): 6BuPI.

2Uh (in IIUh, IVBk, IVUh, VIUh, CUu, CUh): 3UhPI, die krystallographischen Axen der Durchkreuzungszwillinge des Natriumchlorats.

4Uh (in IVUh, CUh): 4UhPI.

6Uh (in VIUh): 6UhPI[2]).

11) Die folgenden Geraden können keine Zwillingsaxen sein:

1) Siehe die Projectionen S. 349.

2) Siehe die Projectionen S. 351.

Fig. 4.

Symmetrie-Ebene

bUh bUhPI 2Uc 4Uc

Symmetrie-Ebene

bUc 2Bc 4Bc bBc

bUu bUuP′ bUuPI bUuL′

d e

$1UuP'_d$ $1UuL'_d$ $1UuP'_e$ $1UuL'_e$

Symmetrie-Ebene

1UhL′ 1UcP′L′ 2UcP′L′ 4UcP′L′

2Uc (in IIUc, IIIBc), 4Uc (in IVUc), 6Uc (in VIUc), 2Bc (in IIBc, IVBc, VIBc, CUc, CBc), 4Bc (in IVBc, CBc), 6Bc (in VIBc), da Reversionen nach der betreffenden Geraden, der auf ihr senkrechten Ebene und einem Punkt alle codirectionale Operationen der Structur sind. So kann z. B. die Normale zum Klinopinakoid im Orthoklas und die Normale zu den Rhombendodekaëderflächen im Spinell keine Zwillingsaxe sein.

§ 12. Allgemeine Beziehungen zwischen äquivalenten Zwillingsoperationen.

1) Geht die gleiche Beziehung zwischen den zusammentretenden Structuren eines Zwillingskrystalles aus verschiedenen Zwillingsoperationen hervor, so werden diese zueinander äquivalent genannt.

2) Da alle Zwillingsoperationen Reversionen sind (oder äquivalent zu Reversionen sind), so muß die Combination von irgend zwei äquivalenten Zwillingsoperationen eine codirectionale Operation der Structur sein (§ 6, 2); und wenn eine codirectionale Operation in zwei Reversionen aufgelöst wird, so ist jede derselben, wenn allein auf die Structur angewendet, zur anderen äquivalent; ist die eine derselben eine Zwillingsoperation, so ist infolgedessen die andere eine äquivalente Zwillingsoperation, und in gleicher Weise gilt, daß die zweite eine codirectionale Operation ist, wenn die erste dies ist. Wenn daher jede Combination zweier Reversionen (siehe § 6), die nicht codirectional sind, daraufhin geprüft wird, ob sie eine codirectionale Operation ist, so wird jeder Fall, in dem zwei Reversionen äquivalente Zwillingsoperationen sind, bestimmt sein.

§ 13. Äquivalente Zwillingsoperationen, welche von der Gruppe a) dreier Reversionen sich herleiten (§ 6, 3).

1) Die Operation einer Reversion nach einem Punkt ist gleich der Reversion nach einer Ebene in Verbindung mit einer Reversion nach ihrer Normalen. Wenn daher ein Zwillingskrystall aus einer Reversion eines Teiles der Structur nach einer Ebene hervorgeht und die Structur Punktsymmetrie besitzt, so kann ebendasselbe Resultat erhalten werden, wenn man eine Reversion nach der Normalen der Ebene substituiert; und vice versa. Beiden Operationen entspricht die gleiche Zwillingsebene und -axe (§ 11, 2). Wenn umgekehrt sowohl Ebenen- als Geradenverzwilligung mit der gleichen Zwillingsebene und -axe vorliegt, so muß die unverzwilligte Structur Punktsymmetrie besitzen (siehe z. B. die Projectionen 1Uc und 1UcPL, S. 347). Daraus folgt, daß Punktverzwilligung nicht mit Ebenenverzwilligung und Geradenverzwilligung verträglich ist, wenn diese eine gemeinsame Zwillingsaxe besitzen (§ 11, 4).

2) Eine Reversion nach einer Geraden ist gleich einer Reversion nach der Ebene, auf welcher sie senkrecht steht, in Verbindung mit einer Re-

version nach einem Punkt. Wenn daher eine Symmetriegerade Zwillingsaxe einer Ebenenverzwilligung ist, so kann das gleiche Resultat durch Punktverzwilligung erhalten werden; vice versa, wenn ein Zwillingskrystall durch Punktverzwilligung erklärt werden kann, so ist jede Symmetriegerade eine Zwillingsaxe der Ebenenverzwilligung (Projectionen 2Bu, 2BuPI, S. 349 und 3Uh und 3UhI, S. 347).

3) Die Operation der Reversion nach einer Ebene ist äquivalent zu einer Reversion nach ihrer Normalen in Verbindung mit einer Reversion nach einem Punkt. Ist demgemäß eine Symmetrieebene Zwillingsebene einer Geradenverzwilligung, so kann die Zwillingsbildung des Krystalles auch als eine Punktverzwilligung angesehen werden. Wenn andererseits Punktverzwilligung vorliegt, so ist jede Symmetrieebene eine Zwillingsebene der Geradenverzwilligung (3Bu und 3BuI, S. 345, und 2Uk und 2UkLI, S. 347).

§ 14. Äquivalente, durch Gruppe b) verbundene Zwillingsoperationen.

Eine Reversion nach einer Geraden ist gleich einer Combination von Reversionen nach zwei anderen Geraden, welche auf der ersteren und aufeinander senkrecht stehen. Steht daher eine Zwillingsaxe der Geradenverzwilligung senkrecht zu einer Symmetriegeraden, so gibt es eine andere Zwillingsaxe der Geradenverzwilligung senkrecht zu der ersten Axe und der Symmetriegeraden (3Uh und 3UhL, S. 347).

§ 15. Äquivalente, durch Gruppe c) verbundene Zwillingsoperationen.

1) Eine Reversion nach einer Geraden ist gleich der Combination zweier Reversionen nach zwei Ebenen, welche sich in der Geraden senkrecht schneiden. Ist daher eine Symmetriegerade in einer Zwillingsebene einer Ebenenverzwilligung gelegen, so gibt es eine andere Zwillingsebene der Ebenenverzwilligung, welche zu der ersteren senkrecht steht und sie in der Symmetriegeraden schneidet; oder, was auf das gleiche herauskommt, wenn eine Zwillingsaxe einer Ebenenverzwilligung vorliegt und zu einer Symmetriegeraden senkrecht steht, so muß es eine andere senkrecht zu der ersteren und zu der Symmetriegeraden stehende Zwillingsaxe geben (3Uh und 3UhP, S. 347).

2) Verbinden wir dieses Ergebnis mit dem des § 14, so sehen wir, wenn eine Zwillingsaxe, sei es der Geraden- oder Ebenenverzwilligung oder beider Verzwilligungen, vorhanden ist und senkrecht zu einer Symmetriegeraden steht, daß es eine andere Zwillingsaxe mit der gleichen Art oder Arten der Zwillingsbildung senkrecht zu der ersteren Zwillingsaxe und zu der Symmetriegeraden gibt (1Bc und 1BcPL, S. 347). Dies ist ein specieller Fall von § 16 und § 17, 1.

3) Eine Reversion nach einer Ebene ist gleich der Combination einer Reversion nach irgend einer anderen zu der ersteren senkrecht stehenden Ebene mit einer Reversion nach der Schnittgeraden der beiden Ebenen; wenn daher eine Reversion nach einer Ebene, welche senkrecht zu einer Symmetrieebene steht, einen Zwillingskrystall erzeugt, so kann dieser auch erhalten werden durch eine Reversion nach der Schnittlinie der beiden Ebenen und vice versa. Hier liegen sowohl die Zwillingsaxe der Ebenenverzwilligung, als auch die der Geradenverzwilligung in der Symmetrieebene und stehen aufeinander senkrecht. Wenn daher eine Zwillingsaxe einer Ebenenverzwilligung in einer Symmetrieebene liegt, so gibt es eine Zwillingsaxe der Geradenverzwilligung in der gleichen Symmetrieebene senkrecht zu der Zwillingsaxe der Ebenenverzwilligung (3 Bu und 3 BuP, S. 345); und liegt eine Zwillingsaxe der Geradenverzwilligung in einer Symmetrieebene, so gibt es eine Zwillingsaxe der Ebenenverzwilligung senkrecht zu ihr in der gleichen Symmetrieebene (3 Bu und 3 BuL, S. 345)[1]. Dies sind specielle Fälle von § 17, 2 und § 18.

§ 16. Äquivalente Zwillingsoperationen, welche durch eine Axe der codirectionalen Symmetrie verbunden sind.

1) Es wurde gezeigt, daß eine Drehung um einen Winkel 2ϑ erstens gleich einer Combination von Reversionen nach irgend zwei senkrecht zu der Axe stehenden Geraden ist, welche einen Winkel ϑ miteinander bilden, und zweitens gleich ist einer Combination von Reversionen nach zwei zu zwei solchen Linien senkrecht stehenden Ebenen (§ 6, 6 und 7). Ist die Drehung eine codirectionale Operation der Structur, so stellt jedes dieser Reversionspaare entweder zwei Zwillingsoperationen mit demselben Zwillingsgesetz oder zwei codirectionale Operationen dar.

2) Es besitze eine Structur eine n-zählige Axe der codirectionalen Symmetrie, sodaß eine Drehung um den $n$ten Teil von 2π eine codirectionale Operation der Structur ist; wenn nun eine senkrecht zu der Axe stehende Gerade eine Axe der Ebenen- oder Geradenverzwilligung oder beides ist, so ist eine zweite senkrecht zu der Axe der codirectionalen Drehungssymmetrie stehende Gerade, deren Winkel mit der ersten Geraden den $2n$ten Teil einer ganzen Drehung beträgt, ebenfalls eine Zwillingsaxe der gleichen Art oder Arten der Zwillingsbildung. Es gibt also eine Reihenfolge von Geraden, welche miteinander die Winkel $\frac{\pi}{n}$ bilden, und die alle Zwillingsaxen der gleichen Art oder Arten der Zwillingsbildung sind. Die

[1]) Ist eine Gerade in der Symmetrieebene eine Axe sowohl der Ebenen- als auch Geradenverzwilligung, so muß ein Centrum der Symmetrie existieren, und die Normale zu der Symmetrieebene ist eine Symmetriegerade (§ 13, 1) und (§ 6, 3, a), sodaß dieser Fall unter § 15, 2 fällt.

$(n+1)$te Gerade coincidiert mit der ersten; denn n $2n$te Teile einer ganzen Umdrehung sind gleich einer halben Umdrehung. In der gleichen Weise coincidiert die $(n+2)$te Gerade mit der 2ten usw. und die Anzahl verschiedener Geraden und Zwillingsaxen beträgt nur n.

3) Wenn eine Zwillingsaxe zu einer n-zähligen Axe der codirectionalen Symmetrie senkrecht steht, so ist sie daher eine von n äquivalenten Zwillingsaxen mit dem gleichen Zwillingsgesetz, die alle zu der gleichen Axe senkrecht stehen und miteinander gleiche Winkel bilden.

4) Ist n ungerade, so sind alle n-Geraden äquivalent und das gleiche gilt von den zu ihnen senkrecht stehenden Ebenen. Da das Zwillingsgesetz in jedem Fall dasselbe ist, so können sie als äquivalente Zwillingsaxen und Zwillingsebenen bezeichnet werden (3 Uh, 3 Uh P und 3 Uh L, S. 347).

5) Ist n gerade, so kann es nicht mehr als $\frac{n}{2}$ verschiedene äquivalente, senkrecht zu der Axe stehende Geraden geben, außer wenn die Axe der codirectionalen Symmetrie auch $2n$-zählige Axe der colinearen und contradirectionalen Symmetrie ist, in welchem Falle es n äquivalente Geraden gibt, die n äquivalente Zwillingsaxen bilden (siehe die Projectionen 4 Bk und 4 Bk PI, S. 349 wo $n=2$; siehe auch § 18).

6) Wenn andererseits n gerade ist und die Axe keine colineare und contradirectionale Symmetrie mit der Zähligkeit $2n$ besitzt, dann müssen die n Geraden, welche Zwillingsaxen mit dem gleichen Zwillingsgesetze sind, aus zwei Reihen bestehen, sodaß die der einen Reihe die Winkel zwischen den Geraden der anderen Reihe halbieren und daß die $\frac{n}{2}$ Zwillingsaxen jeder Serie unter sich krystallographisch äquivalent sind, aber nicht zu denen der anderen Reihe (siehe die Projectionen 6 Uu, 6 Uu P′, 6 Uu L′, S. 359).

7) Die gleiche Schlußweise kann angewendet werden in bezug auf codirectionale Reversion nach Geraden, welche zu der Axe senkrecht stehen, oder nach Ebenen, zu welchen die Geraden senkrecht sind (mit anderen Worten nach Ebenen, die durch die Axe hindurch gehen); mit dem Resultat, daß es, sofern eine solche Gerade oder Ebene der Symmetrie existiert, immer mehrere gibt; und zwar sind ihre Anzahl und Äquivalenz gleich denen der oben behandelten Zwillingsaxen.

§ 17. Axen der codirectionalen Symmetrie, welche Zwillingsaxen sind.

1) Durch Combination der Resultate von § 15, 2 und § 16 finden wir: Ist eine n-zählige Axe der codirectionalen Symmetrie mit n rechtwinkelig zu ihr stehenden Symmetrieaxen eine Zwillingsaxe der Geraden- oder Ebenenverzwilligung oder beides, so gibt es n Zwillingsaxen mit dem gleichen

Zwillingsgesetz oder -gesetzen, deren jede zu der Axe und je einer Symmetriegeraden senkrecht steht (siehe 3Uh, 3UhP, 3UhL, 3Bc und 3BcPL, S. 347).

2) Combinieren wir hingegen die Resultate von § 15, 3 und § 16, so ergibt sich: Ist eine n-zählige Axe der codirectionalen Symmetrie, durch welche n Symmetrieebenen hindurchgehen, eine Zwillingsaxe der Geraden- oder Ebenenverzwilligung, so gibt es n Zwillingsaxen mit Ebenenverzwilligung bezw. Geradenverzwilligung senkrecht zu der Axe, und jede derselben liegt in einer Symmetrieebene (siehe 3Bu, 3BuP und 3BuL, S. 345).

§ 18. Äquivalente, durch eine Axe der contradirectionalen Symmetrie verbundene Zwillingsaxen.

1) Die Combination einer Drehung um einen Winkel 2ϑ mit einer Reversion nach einem Punkt ist, wie in § 6, 8 gezeigt worden ist, gleich der Combination einer Reversion nach einer Geraden, welche zu der Drehungsaxe senkrecht steht und einer Reversion nach einer Ebene, deren Normale senkrecht zu der Axe steht und mit der Reversionsgeraden einen Winkel ϑ bildet.

2) Besitzt eine Structur eine n-zählige Axe der contradirectionalen Symmetrie, so ist eine Drehung um den $n$ten Teil von 2π eine contradirectionale Operation der Structur und eine Combination der gleichen Drehung mit einer Reversion nach einem Punkt ist eine codirectionale Operation der Structur (§ 4, 7); ist daher eine senkrecht zu einer n-zähligen Axe der contradirectionalen Symmetrie stehende Gerade eine Zwillingsaxe der Ebenen- oder Geradenverzwilligung, so ist eine andere Gerade, welche zu der gleichen Axe senkrecht steht und den Winkel $\frac{\pi}{n}$ mit der ersteren Zwillingsaxe bildet, eine Zwillingsaxe der Geraden- oder Ebenenverzwilligung.

3) Es gibt daher wie in § 16 n verschiedene Zwillingsaxen, und da im Falle einer Axe der contradirectionalen Symmetrie n immer gerade ist (§ 5, 2), so gibt es $\frac{n}{2}$ Zwillingsaxen der Geradenverzwilligung und $\frac{n}{2}$ der Ebenenverzwilligung, welche miteinander abwechseln (siehe 4Bk und 4BkPI, S. 349)[1]).

§ 19. Beschreibung von Zwillingskrystallen mit äquivalenten Zwillingsoperationen.

1) Besitzt ein Zwillingskrystall mehr als eine Zwillingsebene und -axe, so erhebt sich die Frage, welche man zur Beschreibung verwenden soll.

---

1) Die gleichen Geraden können in diesem Falle nicht Axen der Ebenen- und Geradenverzwilligung zugleich sein; denn würde dies zutreffen, so besäße die Structur ein Centrum der Symmetrie (§ 13, 1), was mit der contradirectionalen Symmetrie unverträglich ist.

Existiert eine Verwachsungsebene, welche Zwillingsebene ist, so ist es zweckmäßig, sie als Hauptzwillingsebene und ihre Normale als Hauptzwillingsaxe zu wählen. Gibt es keine Verwachsungsebene, welche diese Bedingung erfüllt, so ist es am besten, diejenige Gerade als Zwillingsaxe zu wählen, welche die höchste Symmetrie in dem unverzwilligten Krystall besitzt.

Eine ähnliche Frage erhebt sich, wenn ein Zwillingskrystall durch mehr als ein Zwillingsgesetz erklärt werden kann. Existiert Punktverzwilligung, so ist diese wichtiger als Geraden- oder Ebenenverzwilligung, welche sie allenfalls begleitet; denn sie ist ja von der als Zwillingsaxe gewählten Geraden unabhängig und entspricht einer einfachen fundamentalen Beziehung: der Umkehrung jeder Richtung in einer der verzwilligten Structuren im Vergleich zu der anderen. Existiert ein Centrum der Symmetrie und ist jede Zwillingsaxe zugleich eine Axe der Ebenen- und der Geradenverzwilligung, so ist die erste der zweckmäßigere Begriff für eine Beschreibung. Reversion nach einer Zwillingsebene ist leichter zu erkennen als die Reversion nach einer Zwillingsaxe. Die erstere hat, wie V. Goldschmidt[1]) bemerkt hat, eine genetische Bedeutung[2]), während die letztere dem Anfänger zu Mißverständnissen Anlaß gibt.

Ebenso soll, wenn man die Wahl zwischen einer Axe der Ebenenverzwilligung oder Geradenverzwilligung hat, die erstere gewählt werden, außer wenn die letztere senkrecht zu einer Verwachsungsebene steht oder höhere Symmetrie besitzt.

§ 20. Combinationen von Zwillingsoperationen.

1) Da alle Zwillingsoperationen Reversionen oder zu solchen äquivalente Operationen sind, so führt die Wiederholung der gleichen Zwillingsoperation zu einer Identität (§ 6, 1), sodaß ein Teil der Structur, auf welchen sie zweimal oder irgend eine gerade Anzahl von Malen angewendet wurde, die gleiche räumliche Anordnung besitzt, wie ein Teil, auf welchen sie gar nicht angewendet wurde; und alle Teile, auf welche sie eine ungerade Anzahl von Malen angewendet wurde, besitzen die gleiche räumliche Anordnung, wie die Teile, auf welche sie nur einmal angewendet wurde. Diese Beziehungen werden durch die lamellare Zwillingsbildung des Plagioklases veranschaulicht.

2) Die Combination irgend einer Zahl äquivalenter Zwillingsoperationen führt offenbar zum gleichen Ergebnis, wie die ebenso oft wiederholte Anwendung irgend einer derselben.

---

1) V. Goldschmidt, diese Zeitschr. 1898, **30**, 254.

2) Solche Zwillinge sind auch durch Symmetrie nach einer Ebene erklärt von Max Schuster, diese Zeitschr. 1886, **12**, 139 und 147 und von H. Miers, »Mineralogy« 1902, 87.

3) Wenn indessen zwei Zwillingsoperationen, welche unabhängig voneinander d. h. nicht zueinander äquivalent sind, auf einen Teil einer Structur angewendet werden, so wird dessen räumliche Anordnung sich von der eines Teiles, auf welchen keine angewendet wurde, unterscheiden, und sie kann von der Reihenfolge der Operationen abhängen. Wir gehen nun dazu über, die Ergebnisse solcher Combinationen von Zwillingsoperationen zu betrachten.

§ 21. Combinationen unabhängiger Zwillingsoperationen mit parallelen oder senkrechten Zwillingsaxen.

1) Coincidiert eine Zwillingsaxe einer Zwillingsoperation mit einer Zwillingsaxe einer zweiten davon unabhängigen Zwillingsoperation oder steht sie zu ihr senkrecht, so hängt das Resultat einer Combination dieser zwei Zwillingsoperationen nicht von der Reihenfolge ab; denn eine Zwillingsoperation verändert nicht die Lage einer Geraden (wenn sie auch ihre Richtungen ändern kann), welche parallel oder senkrecht zu einer Zwillingsaxe dieser Operation ist; und jede Combination zweier Zwillingsoperationen, deren Zwillingsaxen parallel oder zueinander senkrecht sind, fällt unter eine der Gruppen dreier Reversionen (§ 6, 3), bei denen die Reihenfolge belanglos ist. Wenn eine der zwei Zwillingsoperationen in Punktverzwilligung besteht, so muß sie notwendig eine Zwillingsaxe parallel zu einer Zwillingsaxe der anderen Zwillingsoperation besitzen (§ 11, 2).

2) Seien T_1 und T_2 zwei unabhängige Zwillingsoperationen, welche diese Bedingungen erfüllen, sodaß das Resultat ihrer Combination von der Reihenfolge unabhängig ist. Diese können auf eine Structur in solcher Weise angewendet werden, daß ein Teil von keiner Operation getroffen wird, ein zweiter von T_1, ein dritter von T_2 und der vierte von der Combination beider. Die Art dieser Combination wollen wir nun für specielle Fälle bestimmen.

3) Besteht eine der Zwillingsoperationen aus einer Punktverzwilligung und die andere aus einer Ebenen- oder Geradenverzwilligung, so ist die Combination eine Zwillingsoperation mit der gleichen Zwillingsaxe und Zwillingsebene, wie die der Ebenen- oder Geradenverzwilligung; doch wird aus einer Ebenenverzwilligung eine Geradenverzwilligung oder vice versa (§ 6, 3, Gruppe a). Es kann keine Combination der Punktverzwilligung mit einer Zwillingsoperation geben, die auf eine Geraden- und Ebenenverzwilligung mit der gleichen Zwillingsaxe herauskommt; denn eine solche Zwillingsaxe schließt die Symmetrie nach einem Punkt in sich, sodaß eine Reversion nach einem Punkt eine codirectionale Operation wäre.

4) Die Combination von Geraden- und Ebenenverzwilligung mit derselben Zwillingsaxe ist natürlich das gleiche wie eine Punktverzwilligung.

5) Stehen Zwillingsaxen der beiden verschiedenen Zwillingsoperationen

senkrecht zueinander, so können drei Fälle unterschieden werden. Sind beide Zwillingsaxen der Geradenverzwilligung, oder sind beide Zwillingsaxen der Ebenenverzwilligung, so besteht die Combination in einer Geradenverzwilligung mit einer zu beiden Axen senkrecht stehenden Zwillingsaxe (Gruppe b) und c)). Ist eine Zwillingsaxe der Ebenenverzwilligung und die andere eine Zwillingsaxe der Geradenverzwilligung, so ist die Combination eine Zwillingsaxe senkrecht zu beiden mit Ebenenverzwilligung (Gruppe c).

6) In all diesen Fällen ist die Combination zweier Zwillingsoperationen selbst wieder eine Zwillingsoperation, und da die drei Zwillingsoperationen eine der Gruppen dreier Reversionen bilden, so kann jede als Combination der zwei anderen angesehen werden.

Sei S der Teil, auf den keine Zwillingsoperation angewendet wurde, S_1 und S_2 diejenigen Teile, auf welche bezw. T_1 und T_2 angewendet wurden und S_3 der Teil, welcher der Combination beider, T_3, unterworfen wurde.

Dann ist $[S]\,T_1 = [S_1]\,1$; $[S]\,T_2 = [S_2]\,1$; $[S]\,T_3 = [S_3]\,1$; ferner $T_1 \cdot T_2 = T_2 \cdot T_1 = T_3$; $T_3 \cdot T_1 = T_1 \cdot T_3 = T_2$ und $T_2 \cdot T_3 = T_3 \cdot T_2 = T_1$.

Daher $[S_2]\,T_1 = [S]\,T_2 \cdot T_1 = [S]\,T_3 = [S_3]\,1$ usw.

Die Beziehungen zwischen den verschiedenen Teilen können, wie man auf diese Weise erkennt, durch die folgende Tabelle wiedergegeben werden:

Anordnung der Structur, auf welche die Operationen angewendet wurden		S	S_1	S_2	S_3	
Resultierende Anordnung der Structur	S	1	T_1	T_2	T_3	Ausgeführte Operationen ($T_3 = T_1 \cdot T_2$)
	S_1	T_1	1	T_3	T_2	
	S_2	T_2	T_3	1	T_1	
	S_3	T_3	T_2	T_1	1	

Diese Beziehungen werden durch die von H. Baumhauer beschriebenen Nephelinzwillinge veranschaulicht (diese Zeitschr. 1882, **6**, 210—216 und 1891, **18**, 611—618), wo T_1 eine Operation der Ebenenverzwilligung mit den Flächen des hexagonalen Prismas erster und zweiter Art als Zwillingsebenen und ihren Normalen als Zwillingsaxen ist; T_2 ist eine Operation der Punktverzwilligung, welche äquivalent zu einer Ebenenverzwilligung mit der Basis als Zwillingsebene und der Hauptaxe als Zwillingsaxe ist; T_3 endlich ist eine Operation der Geradenverzwilligung mit gleichen Zwillingsebenen und -axen wie T_1 (siehe die Projectionen 6 Uu $= S$, 6 UuP′ $=$ 1 UhP $= [S]\,T_1 = S_1$; 6 UuPI $= [S]\,T_2 = S_2$; 6 UuL′ $=$ 1 UhL $= [S]\,T_3 = S_3$; S. 351; die Symbole P′ und L′ deuten das Vorhandensein von Axen der Ebenen- und Geradenverzwilligung an, welche in der Projectionsebene liegen. Die kurzen Linien, die durch den Mittelpunkt hindurchgehen, sind gemeinsame Gerade (siehe § 23).

7) Das wohlbekannte Gesetz (siehe § 9, 2 und § 26, 2), daß in jedem

Zwillingskrystall entweder eine Zwillingsebene parallel zu einer möglichen Fläche oder eine Zwillingsaxe parallel zu einer möglichen Kante existiert oder beides, ist häufig unanwendbar auf die Zwillingsbeziehungen zwischen den beiden Teilen eines Zwillingskrystalles, die durch eine Zwillingsoperation verbunden sind, welche eine Combination zweier unabhängiger Zwillingsoperationen ist.

Z. B. bei den Krystallen des Plagioklases, welche gleichzeitig das Albitgesetz und das Karlsbader Gesetz (mit der verticalen Axe als Zwillingsaxe) zeigen, sind die Zwillingsaxen der beiden Zwillingsoperationen zueinander senkrecht. Ihre Combination ist daher eine Zwillingsoperation mit einer im Brachypinakoid liegenden, senkrecht zur Verticalen stehenden Axe, welche weder zu einer möglichen Fläche senkrecht noch zu einer möglichen Kante parallel ist.

§ 22. Combinationen unabhängiger Zwillingsoperationen mit zueinander schiefen Zwillingsaxen.

1) Wir wollen nun den Fall zweier unabhängiger Zwillingsoperationen betrachten, bei dem keine Zwillingsaxe der einen Operation parallel oder senkrecht zu einer Zwillingsaxe der anderen ist.

Seien T_1 und T_2 die beiden Zwillingsoperationen und a_1 und a_2 ihre Zwillingsaxen, die den Winkel ϑ miteinander einschließen. Jede Operation ist eine Reversion nach einer Ebene oder einer Geraden und nicht eine Reversion nach einem Punkt oder eine dazu äquivalente Operation (§ 21, 1). Wären a_1 und a_2 beide fest und würde die Operation T_1 zuerst angewendet und dann T_2, so würde das Resultat eine Drehung um 2ϑ um eine zu a_1 und a_2 senkrecht stehende Gerade in der Richtung a_1, a_2 sein; sind die beiden Zwillingsgesetze verschieden, so wäre noch eine Reversion nach einem Punkt, R_i, damit verbunden (§ 6, 8). Also wäre $T_1 . T_2 = C_{2\vartheta}$ (oder $C_{2\vartheta} . R_i$), wo $C_{2\vartheta}$ eine Drehung in der Richtung a_1, a_2 ist, die wir als positiv wählen wollen. Indessen ändert die erste Zwillingsoperation T_1 die Lage der Zwillingsaxe a_2 der zweiten Operation T_2 in a'_2 auf der anderen Seite von a_1 um, doch so, daß die Ebene der Zwillingsaxen und der von ihnen eingeschlossene Winkel ungeändert bleiben. Die successive Anwendung der beiden Zwillingsoperationen kommt daher auf eine Combination von T_1 und T_2' hinaus, wo T_2' eine Zwillingsoperation mit dem gleichen Zwillingsgesetz wie T_2, aber mit a'_2 als Zwillingsaxe, bedeutet. Diese Combination ist gleich einer Drehung in der negativen Richtung a_2, a_1 um die gleiche Gerade; wie oben in Verbindung mit einer Reversion nach einem Punkt, wenn die beiden Zwillingsgesetze ungleich sind. Dann ist $T_1 . T_2' = C_{-2\vartheta}$ (oder $C_{-2\vartheta} . R_i$) $= T_2 . T_1$. Wird T_2 zuerst angewendet, so geht in gleicher Weise a_1 in a'_1 auf der anderen Seite von a_2 über und die Drehung geschieht in der positiven Richtung a_1, a_2. Daher ist $T_2 . T_1' = C_{2\vartheta}$ (oder $C_{2\vartheta} . R_i$) $= T_1 . T_2$, wo T_1' eine Zwillingsoperation bedeutet, die T_1 ähnlich ist, aber a'_1 als Zwillingsaxe besitzt.

2) Ein Zwillingskrystall, welcher zwei unabhängigen Zwillingsoperationen, deren Resultat von ihrer Reihenfolge abhängt, unterworfen wird, kann aus fünf verschieden orientierten Teilen bestehen: einem Teil S, auf welchen keine Operation angewendet wurde, zwei Teilen S_1 und S_2, auf welche eine, und zwei Teilen S_3 und S_4, auf welche beide Operationen angewendet wurden. Die Beziehungen zwischen diesen sind in der folgenden Tabelle enthalten:

	Anordnung der Structur, auf welche die Operat. angewendet wurden: S	S_1	S_2	S_3	S_4
Resultierende Anordnung der Structur S	1	T_1	T_2	$C_{2\vartheta}$	$C_{-2\vartheta}$
S_1	T_1	1	$C_{-2\vartheta}$	T_2'	T_2
S_2	T_2	$C_{2\vartheta}$	1	T_1	T_1'
S_3	$C_{-2\vartheta}$	T_2'	T_1	1	$C_{-4\vartheta}$
S_4	$C_{2\vartheta}$	T_2	T_1'	$C_{4\vartheta}$	1

(Ausgeführte Operationen.)

Wenn die beiden Zwillingsgesetze verschieden sind, so sind die Drehungen 2ϑ und -2ϑ mit einer Reversion nach einem Punkt verbunden. Die obigen Beziehungen werden durch die Zwillingsbildung des Bournonits und Markasits nach den Domenflächen, durch die des Aragonits nach den Prismenflächen veranschaulicht; ferner durch Combinationen des Albit- und Periklingesetzes beim Plagioklas.

§ 23. Kreuzungsebenen in Zwillingskrystallen.

1) Die Berührungsebene in Zwillingskrystallen ist nicht immer eine Zwillingsebene. Sie kann vielmehr eine Ebene sein, in der einige, aber nicht alle Geraden gemeinsame Geraden sind, längs deren die molekularen Intervalle in beiden Structuren die gleichen sind und welche die regelmäßige Verwachsung der Krystalle bedingen. Selbst wenn die Berührungsebene eine Zwillingsebene ist, so ist es wahrscheinlich, daß nur die wichtigsten gemeinsamen Geraden (d. h. die mit den kleinsten Molekülabständen) die Zwillingsbildung hervorrufen.

2) Seien S' und S'' zwei Structuren derselben Form, welche ein Krystallgebilde aufbauen; dieses möge eine gemeinsame Ebene de enthalten, die aus zwei äquivalenten Ebenen $d'e'$ und $d''e''$ von S' und S'' besteht und es sei d eine gemeinsame Gerade in de, welche aus den beiden äquivalenten Geraden d', d'' besteht (siehe S. 351). Dann ist die cyklische Reihenfolge der Geraden in $d'e'$ auf jeder Seite der Geraden d' entweder dieselbe wie die der Geraden in $d''e''$ auf jeder Seite von d'' oder die entgegengesetzte. Im ersten Falle muß, da d' mit d'' zusammenfällt, jede andere Gerade in $d'e'$ mit einer äquivalenten Geraden in $d''e''$ zusammenfallen. Jede Gerade in der gemeinsamen Ebene de ist daher eine gemeinsame Gerade und die

gemeinsame Ebene ist colinear, sodaß sie eine Zwillingsebene bildet, wenn die beiden Structuren nicht codirectional sind.

3) Ist andererseits die cyklische Reihenfolge der Geraden der Ebene $d'e'$ auf jeder Seite von d' entgegengesetzt zu der der Geraden in der Ebene $d''e''$ auf jeder Seite von d'', so coincidieren die Geraden von $d'e'$ nicht alle mit äquivalenten Geraden von $d''e''$ und die gemeinsame Ebene de ist nicht colinear. Wenn indessen die Operation der Reversion nach d' auf die Structur S' angewendet wird, so wird die cyklische Reihenfolge der Geraden in der Ebene $d'e'$ umgekehrt, sodaß die cyklische Reihenfolge auf jeder Seite von d' in $d'e'$ und von d'' in $d''e''$ die gleiche wird, und da d noch eine gemeinsame Gerade bleibt, so coincidiert jede Gerade in $d'e'$ mit einer äquivalenten Geraden in $d''e''$ und bildet mit ihr eine gemeinsame Gerade und die gemeinsame Ebene de ist dann colinear. Jede gemeinsame Ebene, welche nicht colinear ist, aber in der wenigstens eine gemeinsame Gerade existiert, kann also in eine colineare gemeinsame Ebene durch eine Reversion einer der beiden zusammentretenden Structuren nach der gemeinsamen Geraden verwandelt werden.

4) Wird auf die Structur S' nochmals eine Reversion nach derselben Geraden angewendet, so erhält man die ursprüngliche gemeinsame Ebene. Bei dieser zweiten Reversion bleibt nicht nur die Gerade d, sondern auch die Gerade e, die zu ihr in de senkrecht steht, eine gemeinsame Gerade. Wenn daher eine einzige gemeinsame Gerade in einer gemeinsamen Ebene liegt, so muß es senkrecht zu ihr eine zweite geben. Eine gemeinsame Ebene, welche nicht colinear ist, aber eine oder mehrere Paare von gemeinsamen Geraden enthält, soll als Kreuzungsebene bezeichnet werden. In den Projectionen $1UuP'_d$, $1UuL'_d$, $1UuP'_e$, $1UuL'_e$, S. 351 sind die kurzen durch den Mittelpunkt gehenden Linien d und e gemeinsame Geraden und die Projectionsebene ist in jedem Falle eine Kreuzungsebene. Die nicht ausgefüllten Scheiben geben die ursprüngliche Anordnung der Structur, wie sie in Projection 1Uu, S. 345 gezeigt ist, während die mit ausgefüllten Scheiben die Lage eines Teiles der Structur angeben, auf welchen die Operation der Ebenen- oder Geradenverzwilligung mit der Zwillingsaxe d oder e, je nachdem, angewendet wurde; siehe § 24.

5) Jede Ebene, welche ein oder mehrere Paare gemeinsamer Geraden senkrecht zueinander enthält, ist eine gemeinsame Ebene und wenn sie nicht colinear ist, so ist sie eine Kreuzungsebene. Denn seien d und e zwei gemeinsame senkrecht aufeinander stehende Geraden, de ihre Ebene und n deren Normale; dann wird die Ebene ne, welche auf der gemeinsamen Geraden d senkrecht steht, eine gemeinsame Ebene sein (§ 8, 3). Aber da e eine gemeinsame Gerade in der gemeinsamen Ebene ne ist, so ist n, welches auf e senkrecht steht, ebenfalls eine gemeinsame Gerade und die zu ihr senkrecht stehende Ebene de ist eine gemeinsame Ebene.

6) Eine Kreuzungsebene kann entweder eine reale oder eine ideale gemeinsame Ebene sein (§ 9, 3), wobei die letztere gewöhnlich keine structurelle Bedeutung hat.

7) Es folgt aus Abschnitt 3) und 4) dieses Paragraphen, daß, wenn zwei Structuren eine colineare gemeinsame Ebene besitzen, eine Reversion der einen nach einer Geraden in dieser colinearen Ebene diese Ebene in eine Kreuzungsebene verwandelt; dabei ist vorausgesetzt, daß die Reversion keine colineare Operation der zusammenfallenden Ebenen ist. Das gleiche ist der Fall bei einer Reversion nach einer Ebene senkrecht zu der colinearen Ebene.

8) Ist l_1 eine Symmetriegerade in einer colinearen gemeinsamen Ebene K, so verwandelt eine Drehung der einen Structur S' um die Normale n um irgend einen Winkel 2ϑ die Ebene K in eine Kreuzungsebene, vorausgesetzt, daß die Drehung keine colineare Operation von K ist (Projection 1UhL', S. 351). Sei $C_{2\vartheta}$ eine Drehung um einen Winkel 2ϑ um die Normale n, R_1 die Operation der Reversion nach l_1 und R_2 die der Reversion nach l_2, welches mit l_1 den Winkel ϑ bildet; dann ist $[S]C_{2\vartheta} = [S]R_1 . R_2 (=) [S]R_2$, denn R_1 ist eine codirectionale Operation der Structur. Dann kann R_2, da es äquivalent zu der Drehung $C_{2\vartheta}$ ist, nach Voraussetzung keine colineare Operation sein. Es muß also zu einer Kreuzungsebene führen, und dasselbe muß von $C_{2\vartheta}$ gelten.

Ist p_1 eine Symmetrieebene senkrecht zu einer colinearen gemeinsamen Ebene K, so verwandelt eine Drehung um den Winkel 2ϑ um die Normale n von K, falls sie keine colineare Operation von K ist, die Symmetrieebene in gleicher Weise in eine Kreuzungsebene; denn ist R_1 eine Reversion nach p_1 und R_2 eine solche nach einer Ebene p_2, die zu K senkrecht steht und mit p_1 den Winkel ϑ bildet, so haben wir wie oben $[S]C_{2\vartheta} = [S]R_1 . R_2 = [S]R_2$.

§ 24. Beziehungen zwischen Structuren, welche eine Kreuzungsebene gemeinsam haben.

1) Wir haben gesehen, daß jede Kreuzungsebene durch Reversion einer der beiden Structuren, welche eine colineare gemeinsame Ebene de besitzen, nach einer Geraden d in dieser Ebene erhalten werden kann. Diese colineare Ebene muß entweder 1) eine Ebene sein, die zwei codirectionalen Structuren oder, was auf dasselbe herauskommt, zwei Teilen der gleichen Structur gemeinsam ist, oder sie muß 2) eine Zwillingsebene sein.

2) Im ersteren Falle ist die Operation R_d einer Reversion nach d eine Operation der Geradenverzwilligung[1]) mit der Geraden d als Zwillingsaxe; zugehörige Zwillingsebene ist die zu der Kreuzungsebene de senkrecht stehende Ebene ne, welche die Kreuzungsebene in der Geraden e senkrecht zu d

1) Das Vorhandensein der Kreuzungsebene schließt natürlich die Codirectionalität der Operation R_d aus.

schneidet (siehe Projection 1UuL$'_d$, S. 351, wo L$'_d$ Geradenverzwilligung mit der Axe d bedeutet).

3) Wenn andererseits de, die colineare gemeinsame Ebene, eine Zwillingsebene ist, so kann sie zustande gebracht werden, indem man auf einen der beiden Teile ein und derselben Structur eine Zwillingsoperation T anwendet. Die Kreuzungsebene geht daher hervor aus der Anwendung der Operation $U = T.R_d$.

Die Zwillingsoperation T muß sein: 1) eine Reversion nach der Ebene de (Projection 1UuP, S. 345); 2) eine Reversion nach der Normalen n (1UuL, S. 345); oder 3) eine Reversion nach einem Punkt (1UuI, S. 345). Die Operation $U = T.R_d$ ist in dem ersten Falle eine Reversion nach der Ebene nd, die senkrecht zu de steht und durch die Geraden n und d hindurchgeht (§ 6, 3, Gruppe c). Sie ist demgemäß eine Operation der Ebenenverzwilligung mit e als Zwillingsaxe und nd als Zwillingsebene (siehe Projection 1UuP$'_e$, S. 351, wo P$'_e$ Ebenenverzwilligung mit e als Zwillingsaxe bezeichnet). Im zweiten Falle ist sie eine Reversion nach der Geraden e (Gruppe b) und daher eine Operation der Geradenverzwilligung mit der gleichen Axe und Ebene der Verzwilligung (siehe 1UuL$'_e$, S. 351) wie im ersten Falle. Im dritten Falle ist sie eine Reversion nach der Ebene ne, welche senkrecht zu d und zu der Ebene de steht und die Geraden n und e enthält (Gruppe a). Sie ist eine Operation der Ebenenverzwilligung mit d als Zwillingsaxe und ne als Zwillingsebene (siehe 1UuP$'_d$, S. 351).

In jeder Kreuzungsebene ist daher wenigstens eine gemeinsame Gerade eine Zwillingsaxe.

§ 25. Anzahl der gemeinsamen Geraden in Kreuzungsebenen.

1) Wir wollen nunmehr untersuchen, wieviele gemeinsame Geraden in einer Kreuzungsebene liegen können. Seien d_1 und d_2 zwei gemeinsame Geraden in einer Kreuzungsebene K; dann wird eine Reversion R_1 der einen Structur nach d_1 als auch eine Reversion R_2 der gleichen Structur nach d_2 eine colineare gemeinsame Ebene zum Resultat haben, welche entweder codirectional oder contradirectional sein kann. Sind diese resultierenden gemeinsamen Ebenen beide codirectional oder beide contradirectional, so muß R_1 zu R_2 auf K angewendet äquivalent sein oder in Symbolen $[K]R_1\ (=)\ [K]R_2$. Ist eine Ebene codirectional und die andere contradirectional so muß R_1 äquivalent zu dem mit einer Reversion nach einem Punkt verbundenen R_2 sein, d. h. $[K]R_1\ (=)\ [K]R_2.R_i$, wo R_i eine Reversion nach einem Punkt ist. Daher muß entweder $R_1.R_2$ oder $R_1.R_2.R_i$ eine codirectionale Operation von K sein (§ 6, 2).

2) Bilden nun R_1 und R_2 den Winkel ϑ miteinander, so ist $R_1.R_2$ gleich einer Drehung um den Winkel 2ϑ um die Normale zu K und $R_1.R_2.R_i$ gleich einer solchen Drehung, verbunden mit einer Reversion nach einem

Punkt. Aber eine Reversion nach einem Punkt ist, insofern sie auf eine Ebene angewendet wird, äquivalent zu einer Reversion nach ihrer Normalen [denn ihre Combination ist gleich einer Reversion nach der Ebene, welche eine codirectionale Operation der Ebene ist (siehe § 6, 2 und 3, Gruppe a) und § 7, 1)], und diese ist gleich einer Drehung um die Normale um den Winkel π. Die Operation der Drehung um die Normale entweder um den Winkel 2ϑ oder $2\vartheta \pm \pi$ muß demgemäß eine codirectionale Operation sein und ist daher auch eine colineare Operation der Ebene. Aber eine Drehung um die Normale um π ist immer eine colineare Operation einer Ebene (§ 7, 4). Schließen daher zwei gemeinsame Geraden in einer Kreuzungsebene irgend einen beliebigen Winkel ϑ ein, so sind Drehungen um die Normale sowohl um den Winkel 2ϑ als auch den Winkel $2\vartheta \pm \pi$ colineare Operationen der Ebene.

Sei ein solcher Drehungswinkel durch φ bezeichnet. Ist dann umgekehrt φ irgend eine colineare Operation der zusammenfallenden Ebenen K' und K'' und ist d_1 eine gemeinsame Gerade, so gibt es andere gemeinsame Geraden, die die Winkel $\frac{\varphi}{2}$ und $\frac{\varphi}{2} \mp \frac{\pi}{2}$ mit d_1 bilden.

Nunmehr kann die folgende Tabelle aufgestellt werden:

Colineare Zähligkeit der Normalen für die Structur	1,2	4	3,6
Colineare Zähligkeit d. Normalen für die Ebene (§ 7, 4)	2	4	6
φ = irgend eine für die Ebene colineare Drehung um die Normale	π	$\frac{\pi}{2}, \pi$	$\frac{\pi}{3}, \frac{2\pi}{3}, \pi$
ϑ = Winkel zwischen irgend einer gemeinsamen Geraden und einer gegebenen gemeinsamen Geraden $= \frac{\varphi}{2} \mp \frac{\pi}{2}$	$0, \frac{\pi}{2}$	$0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}$	$0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \frac{2\pi}{3}, \frac{5\pi}{6}$
Gesamtzahl gemeinsamer Geraden	2	4	6

(Siehe die Projectionen 6Uu, 6UuP′, 6UuL′, 1UuP′$_d$, 1UuL′$_d$, 1UuP′$_e$, 1UuL′$_e$, 1UhL′, 1UcP′L′, 2UcP′L′ und 4UcP′L′, S. 351).

§ 26. Ebenen senkrecht zu Zwillingsebenen und Kreuzungsebenen.

1) Da die Normale zu einer Zwillingsebene eine gemeinsame Gerade ist, so enthält eine senkrecht zu einer Zwillingsebene stehende Ebene zwei gemeinsame Geraden; denn jede Gerade in einer Zwillingsebene ist eine gemeinsame Gerade. Die Ebene muß daher entweder eine Kreuzungsebene

oder eine colineare Ebene sein. In letzterem Falle muß sie eine Zwillingsebene sein, da die beiden Structuren nicht codirectional sind.

2) Ist die Berührungsebene der beiden Structuren eines Zwillingskrystalles keine Zwillingsebene, so zeigt die Erfahrung, daß sie senkrecht zu einer Zwillingsebene steht und demgemäß eine Kreuzungsebene ist. Die structurtheoretischen Überlegungen, die dies begründen, wurden schon (§ 9, 2 und § 23, 1) angeführt.

3) In ähnlicher Weise ist eine Ebene, die senkrecht zu einer Kreuzungsebene steht und sie in einer ihrer gemeinsamen Geraden schneidet, eine Zwillingsebene oder eine Kreuzungsebene.

4) Ist die Verwachsungsebene keine mögliche Krystallfläche, so ist sie scheinbar immer eine Kreuzungsebene und enthält nur eine gemeinsame Gerade, welche eine mögliche Krystallkante der zusammentretenden Structuren ist und in der die molekularen Intervalle übereinstimmen. Die andere senkrecht zu der ersten stehende gemeinsame Gerade ist parallel zu der Schnittlinie der Verwachsungsebene mit einer möglichen Fläche in jeder einzelnen Structur, wobei solche Flächen zueinander äquivalent sind.

Parallel zu diesen Flächen ist eine Reihe von ebenen Molekülnetzen, die in der Verwachsungsebene in parallelen Geraden mit gleichen Intervallen in beiden Structuren zutage treten (wenn der Ausdruck erlaubt ist), und gerade die Coincidenz dieser Kanten bestimmt die Verwachsungsebene.

Z. B. ist bei den Periklinzwillingen der Plagioklas-Feldspäte die Verwachsungsebene (der rhombische Schnitt) eine Kreuzungsebene, die nur zwei gemeinsame Geraden enthält: die Makroaxe und die senkrecht zu ihr stehende Gerade. Die erstere ist eine mögliche Krystallkante und längs derselben sind die molekularen Intervalle in beiden Structuren genau gleich. Die gemeinsame Gerade senkrecht zu ihr ist keine mögliche Kante und ebensowenig ist die von der Verwachsungsebene gebildete Kreuzungsebene eine mögliche Fläche. Ihre Stellung ist dadurch bestimmt, daß die zweite gemeinsame Gerade in der brachypinakoidalen Spaltungsebene, einer wichtigen structurellen Ebene, liegen muß. Die Verwachsung findet infolgedessen in der Weise statt, daß die Kanten der der brachypinakoidalen Spaltbarkeit entsprechenden molekularen Netzebenen, welche von den Structuren der beiden Krystalle in der Verwachsungsebene gebildet werden, genau coincidieren. Nicht nur sind diese Kanten parallel, sondern auch die Abstände zwischen ihnen sind in beiden den Zwilling bildenden Structuren gleich.

Die von den molekularen Netzebenen gebildeten Kanten parallel einem Hemiprisma (z. B. *l*) fallen auch mit denen des anderen correspondierenden Hemiprismas (z. B. *T*) zusammen; aber diese coincidierenden Kanten sind keine äquivalenten Linien, wie die Zwillingskanten auf der brachypinakoidalen Spaltbarkeit, und bilden daher keine gemeinsame Linie. Indessen müssen sie, obgleich nicht äquivalent, doch in physikalischer Beziehung einander sehr nahestehen, und es kann leicht gezeigt werden, daß die Abstände zwischen ihnen in beiden Structuren identisch sind.

§ 27. Cospatiale Structuren und Operationen.

1) In dem Bisherigen wurde die Coincidenz äquivalenter Geraden in den zusammentretenden Structuren eines Krystallgebildes untersucht, da

man annimmt, daß der bestimmende Factor in dem gemeinsamen Wachstum solcher Structuren in den meisten Fällen die Coincidenz solcher molekularer Reihen ist, in denen die Moleküle gleichen Abstand voneinander haben, und daß diese Gleichheit hauptsächlich dann existiert, wenn die beiden molekularen Reihen einander äquivalent sind. Es gibt indessen Geraden in Krystallstructuren, welche nicht äquivalent sind, die aber molekularen Reihen entsprechen, in denen die Molekülabstände entweder gleich sind oder in einem einfachen Verhältnis zueinander stehen. Solche Geraden treten in einem Krystall auf, der nicht die höchste Symmetrie besitzt, die mit einem System von Axen und Parametern verträglich ist, auf welches er in Übereinstimmung mit dem Gesetz der Rationalität der Indices bezogen werden kann.

2) Sind zwei Structuren von der gleichen Form, die nicht colinear sind, so aufeinander bezogen, daß jede Gerade mit rationalen Indices (daher parallel zu einer möglichen Kante) in der einen mit einer Geraden mit rationalen Indices in der anderen coincidiert, so mögen die beiden Structuren cospatial genannt werden.

3) Eine Operation, die eine Structur in eine cospatiale Beziehung zu sich selbst, so wie sie vor der Operation war, bringt, möge als cospatiale Operation bezeichnet werden.

4) Eine cospatiale Operation ist, obgleich keine colineare Operation der Structur, auf die sie angewendet wird, doch eine colineare Operation einer Structur mit höherer Symmetrie, die auf dieselben krystallographischen Axen bezogen werden kann und ist daher eine Reversion oder eine Drehung.

§ 28. Äquispatiale und cospatiale Geraden und Ebenen.

1) Eine Gerade mit rationalen Indices, die durch eine cospatiale Operation in die frühere Lage einer anderen nicht äquivalenten Geraden gebracht wird, möge äquispatial zu dieser genannt werden; denn die molekularen Intervalle solcher Geraden oder niedrige ganze Vielfache solcher Zwischenräume sind einander gleich.

Dies folgt aus der Tatsache, daß die Structur in ihrer neuen Lage offenbar auf die alten Axen in ihrer ursprünglichen Lage mit den gleichen Parametern bezogen werden kann, und daß wenigstens einige Gerade die frühere Lage äquivalenter Geraden einnehmen.

2) In ähnlicher Weise möge eine Ebene mit rationalen Indices (und daher parallel zu einer möglichen Fläche), welche durch eine cospatiale Operation in Coincidenz mit der früheren Lage einer anderen nicht äquivalenten Ebene der gleichen Krystallstructur gebracht wird als äquispatial zu der zweiten Ebene bezeichnet werden; denn jede Gerade mit rationalen Indices in der einen ist äquispatial oder äquivalent zu einer entsprechenden Geraden in der anderen.

3) Der Ausdruck äquispatial kann auf nicht äquivalente Geraden und Flächen mit rationalen Indices, die zu verschiedenen Structuren gehören, ausgedehnt werden, sofern diese Geraden und Ebenen durch eine Operation, die diese Structuren in eine cospatiale Beziehung zueinander setzt, in Coincidenz gebracht werden können.

4) Coincidiert eine Gerade in einer Structur mit einer äquispatialen Geraden in einer anderen, so sollen die beiden Geraden als cospatial bezeichnet werden und wir wollen sagen, sie bilden miteinander eine cospatiale Gerade.

5) Coincidiert eine Ebene mit rationalen Indices der einen Structur mit einer äquispatialen oder äquivalenten Ebene einer anderen Structur in solcher Weise, daß jede Gerade mit rationalen Indices der einen Ebene coincidiert mit einer äquispatialen oder äquivalenten Geraden der anderen, aber die beiden Ebenen nicht colinear sind, so wollen wir sagen, die Ebenen seien cospatial und bilden eine cospatiale Ebene.

Eine cospatiale Ebene kann eine gemeinsame Ebene oder eine Kreuzungsebene sein oder auch nicht.

6) Coincidieren zwei äquispatiale Ebenen, sodaß sie eine Ebene bilden, welche nicht cospatial ist, sondern 2, 4, oder 6 cospatiale oder (zum Teil) colineare Geraden enthält, so soll diese Ebene eine gekreuzt-spatiale Ebene genannt werden.

7) Man kann erwarten, Krystallgebilde zu treffen, in denen die Berührungsebene eine cospatiale oder gekreuzt-spatiale Ebene ist; denn diese Ebenen enthalten Geraden, in denen die molekularen Intervalle oder niedrige ganzzahlige Vielfache derselben in beiden Structuren dieselben sind.

8) Eine cospatiale Ebene kann gebildet werden, indem man auf einen Teil einer gleichförmigen Structur entweder eine cospatiale Operation allein oder eine solche Operation in Verbindung mit einer anderen anwendet, die ohne vorherige Anwendung der cospatialen Operation eine Zwillingsoperation gewesen wäre.

§ 29. Verschiedene Arten cospatialer Operationen.

1) Wie wir gesehen haben, ist eine cospatiale Operation entweder eine Reversion oder eine Drehung. Sie kann keine Reversion nach einem Punkt sein, da dies immer eine colineare Operation ist. Ebensowenig kann sie eine Reversion nach einer senkrecht zu einer Symmetriegeraden stehenden Ebene oder eine Reversion nach einer senkrecht zu einer Symmetrieebene stehenden Geraden sein, da diese Operationen äquivalent zu einer Reversion nach einem Punkt sind (vergl. § 13, 2 und 3).

2) Wir wollen zuerst cospatiale Operationen betrachten, die colineare Operationen von solchen Krystallen wären, die zu Klassen desselben Systems mit höherer Symmetrie gehören. Diese müssen Reversionen nach einer Geraden

oder einer Ebene und daher Zwillingsoperationen sein oder eine Drehung mit der cyklischen Zahl 4; denn eine Drehung mit der cyklischen Zahl 2 ist gleich einer Reversion nach der Drehungsaxe, und eine Drehung um den dritten oder sechsten Teil von 2π um eine Gerade ist colinear in allen Klassen eines Systems, wenn sie es in einer ist (siehe § 3, 5 und Tabelle in § 5, 6).

3) Zwillingsoperationen, die auch cospatiale Operationen sind, geben Anlaß zu Ergänzungszwillingen, d. h. zu Krystallzwillingen, deren Flächen zusammen eine Krystallform einer anderen höher symmetrischen Klasse des gleichen Systems bilden.

Bei den Ergänzungszwillingen, die durch eine solche cospatiale Operation gebildet werden, gibt es nur eine begrenzte Anzahl von Zwillingsebenen, jedoch alle anderen Ebenen mit rationalen Indices sind cospatiale Ebenen. Z. B. sind bei den Ergänzungszwillingen des Pyrits die Ebenen parallel zu den Rhombendodekaëderflächen Zwillingsebenen und die parallel zu anderen möglichen Flächen sind cospatiale Ebenen, während die Hexaëderflächen auch Kreuzungsebenen sind.

Andere analoge Ergänzungszwillinge werden durch colineare (hier contradirectionale) Operationen gebildet, welche zu einer Reversion nach einem Punkt äquivalent sind, und in ihnen kann jede Ebene als Zwillingsebene betrachtet werden (§ 11, 2).

4) Eine Drehung mit der cyklischen Zahl 4 um eine krystallographische Axe in dem kubischen System ist eine colineare und codirectionale Operation in der hexakisoktaëdrischen (CBc) und pentagonikositetraëdrischen (CUh) Klasse, eine colineare und contradirectionale Operation in der hexakistetraëdrischen (CBu) Klasse und eine cospatiale Operation in der dyakisdodekaëdrischen (CUc) und der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen (CUu). Im Falle der letzterwähnten Klasse gibt es keine Zwillingsebene; jedoch ist jede Ebene mit rationalen Indices eine cospatiale Ebene. Das so entstandene Krystallgebilde ist genau analog einem Ergänzungszwilling. Es gibt kein anderes System, in dem eine Drehung mit der cyklischen Zahl 4 eine colineare Operation in einer Klasse und eine cospatiale in einer anderen ist.

5) Eine cospatiale Operation kann auch einer codirectionalen Operation entsprechen, die zu der Symmetrie einer Klasse eines anderen Krystallsystems als desjenigen des vorliegenden Krystalles gehört. Der einzig wichtige Fall ist der einer Reversion nach einer Axe mit der colinearen und codirectionalen Zähligkeit 3. Eine solche Reversion R_l ist äquivalent zu einer Drehung mit der colinearen und codirectionalen cyklischen Zahl 6; denn $[S]R_l = [S]C_{\frac{1}{2}} = [S]C_{\frac{1}{3}} . C_{\frac{1}{6}} (=) [S]C_{\frac{1}{6}}$, (wo $C_{\frac{1}{n}}$ eine Drehung mit der cyklischen Zahl n ist). Sie ist natürlich eine Zwillingsoperation.

So ist eine Reversion eines trigonalen Krystalles nach der Hauptaxe oder

eines kubischen Krystalles nach einer Oktaëdernormalen eine cospatiale Operation. Denn diese beiden Krystallstructuren können auf hexagonale Axen bezogen werden.

Im ersten Falle coincidieren die entsprechenden positiven und negativen Rhomboëder und das gleiche ist der Fall mit den Skalenoëdern (oder ihren der betreffenden Symmetrie entsprechenden Teilformen). Eine cospatiale Ebene, die durch Coincidenz positiver und negativer Rhomboëderflächen gebildet wird, enthält zwei gemeinsame Geraden: die Kanten zwischen den Rhomboëdern von verschiedenem Zeichen; aber da diese nicht senkrecht aufeinander stehen und die coincidierenden Ebenen nicht äquivalent sind, so ist die cospatiale Ebene, die sie durch ihre Coincidenz bilden, keine Kreuzungsebene (§ 23, 4 und 5). Im zweiten Falle coincidieren die Würfelflächen mit bestimmten Flächen des trigonalen Triakisoktaëders {122}, und gleichzeitig coincidieren andere Flächen. Die cospatialen Ebenen, die durch die Coincidenz der Flächen des Würfels und des trigonalen Triakisoktaëders gebildet werden, enthalten alle zwei gemeinsame Geraden, die den Schnittlinien des Würfels und des trigonalen Triakisoktaëders entsprechen, aber sie sind keine Kreuzungsebenen, wie aus bekannter Schlußweise folgt. Ähnliche cospatiale Operationen können als in anderen Systemen auftretend angesehen werden; so haben Prolektit, Chondrodit und Klinohumit die Symmetrie des monoklinen Systems, aber die drei Axen stehen senkrecht aufeinander; eine Reversion nach der verticalen Axe würde daher eine cospatiale Operation bedeuten. Jede solche cospatiale Operation ist eine Reversion und daher eine Zwillingsoperation, ausgenommen in dem einen möglichen Falle, in dem sie eine Drehung mit der cyklischen Zahl 4 wäre.

§ 30. Combinationen von cospatialen Operationen und Zwillingsoperationen.

Wir gehen nun über zum Falle einer cospatialen Ebene, die durch eine cospatiale Operation gebildet wird, auf die eine Operation folgt, welche ohne das Vorausgehen der cospatialen Operation die Ebene in eine Zwillingsebene verwandelt hätte. Sind diese beiden Operationen Reversionen, die zueinander in der in § 21 angegebenen Beziehung stehen, so ist ihre Combination einer anderen Reversion gleich und das Krystallgebilde, das die resultierende cospatiale Ebene enthält, ist ein Zwillingskrystall. Sind es andererseits Reversionen, die nicht in solcher Beziehung stehen, so ist die Operation, welche die cospatiale Ebene hervorbringt, eine solche Drehung, wie sie in § 22 beschrieben ist.

Beispiel: wird auf einen Teil eines Quarzkrystalles eine Reversion nach der Verticalaxe angewendet, so ist dies eine cospatiale Operation und auch eine Zwillingsoperation (siehe Projectionen 3Uh und 3UhL, S. 347). Wird der gleiche Teil darauf

einer Reversion nach der Normalen zu einer Rhomboëderfläche unterworfen, so sind diese beiden Operationen zusammen äquivalent zu einer Drehung um eine Gerade senkrecht zur Verticalaxe und zu der Rhomboëdernormalen, d. h. äquivalent zu einer Drehung um die Normale eines trigonalen Prismas zweiter Art um einen Winkel, der das Doppelte des Winkels zwischen der Rhomboëdernormalen und der Verticalaxe beträgt. Die in Rede stehende Rhomboëderfläche ist eine cospatiale Ebene.

Wie Professor V. Goldschmidt vermutet, tritt eine solche Combination bei scheinbaren Quarzzwillingen mit schiefer Zwillingsaxe auf (Tsch. Min. Pet. Mitt. 1905, **24**, 157—182); sie könnte auch als Resultat der Combination zweier unabhängiger Zwillingsoperationen erklärt werden.

§ 31. Gekreuzt-spatiale Ebenen.

Eine gekreuzt-spatiale Ebene kann als Resultat einer cospatialen Operation gebildet werden, auf welche eine Operation folgt, die ohne vorhergehende Anwendung der cospatialen Operation zu einer Kreuzungsebene geführt hätte. Da eine cospatiale Operation gewöhnlich eine Zwillingsoperation ist, und eine Operation, die zu einer Kreuzungsebene führt, immer eine solche ist, so ist die combinierte Operation in der Regel eine Zwillingsoperation oder eine Drehung, je nachdem die Combination unter § 21 oder § 22 fällt.

§ 32. Weniger regelmäßige Combinationen.

Es gibt andere Krystallgebilde, die keine realen oder idealen Zwillings- oder Kreuzungsebenen besitzen. Solche Krystalle enthalten selten eine cospatiale oder gekreuzt-spatiale Ebene, denn diese sind, wie wir gesehen haben, in der Regel von einer Zwillingsebene begleitet. Es kann eine einzige gemeinsame Gerade geben und eine gemeinsame Ebene senkrecht zu ihr (Min. Mag. 1900, **15**, 395), oder eine cospatiale Gerade mit oder ohne cospatiale Ebene, oder nur eine oder mehrere Geraden, in denen die molekularen Distanzen der beiden einzelnen Structuren annähernd die gleichen sind. Die Betrachtung solcher Combinationen fällt nicht in den Rahmen der vorliegenden Arbeit.

XXIII. Beiträge zur Kenntnis der chemischen Constitution und der Genese der natürlichen Ferrisulfate VIII.

Von

Rudolf Scharizer in Graz.

(Mit 4 Textfiguren.)

Inhalt.

15. Botryogen und Römerit.

§ 63. **Deren chemische Beziehungen.** Die beiden rotbraunen Ferrisulfate Botryogen und Römerit können leicht miteinander verwechselt werden. So stellte Blaas[1]) fest, daß der Botryogen von Madeni Zagh in Persien eigentlich Römerit sei, und auch der von Darapsky[2]) beschriebene Botryogen von Chile ist nichts anderes als Römerit, was klar aus nachstehender Analyse hervorgeht:

---

1) Sitzungsber. d. Wiener Akad. nat. Kl., 1. Abt., **87**, 161 und **88**, 1121. Diese Zeitschr. **10**, 411.

2) N. J. f. M. usw., 1890, **1**, 65. Diese Zeitschr. **21**, 48.

	Percente:	Mol.-Quot.:	Gyps:	Ferrisulfat:	Mol.-Verh.:
SO_4	36,19	0,4524	0,0080	0,4444	3,92
Fe_2O_3	18,13	0,1133	—	0,1133	1
FeO	8,30	0,1153	—	0,1153	1,02
CaO	0,45	0,0080	0,0080	—	—
H_2O	34,30	1,9055	0,0160	1,8895	16,6
Rückstand:	2,63	—			
	100,00				

Da nach dieser Analyse das Verhältnis von $FeO : Fe_2O_3$ nahezu gleich 1 : 1 ist, so ist dieses Mineral trotz des abweichenden Wassergehaltes eher als Römerit denn als Botryogen anzusprechen und die Formel:

$$2(Fe_2O_3\ 3SO_3)\ (FeSO_4).32H_2O = \overset{II}{Fe}\overset{III}{Fe_4}S_7O_{28} + 32\,\text{aq},$$

die Darapsky aus obiger Analyse ableitet, beruht auf einem Irrtum.

Auch das sonstige Verhalten des Minerals stimmt besser mit Römerit als mit Botryogen. Darapsky sagt nämlich, daß das Salz von Tierra Amarilla im Wasser vollkommen löslich sei. Dies stimmt für den Römerit, nicht aber für den Botryogen, von dem sowohl Hockauf[1]) als auch Eakle[2]) behaupten, daß er im kalten Wasser wenig löslich sei. Diese Schwerlöslichkeit des Botryogens hätte sicherlich Darapsky nicht versäumt mitzuteilen, wenn er diese Beobachtung am chilenischen Material wirklich gemacht hätte. Die andere Beobachtung Darapsky's, daß die Lösung beim Kochen klar bleibt, stimmt allerdings nicht mit dem Verhalten einer Römeritlösung überein, denn diese trübt sich immer beim Erwärmen.

Das abweichende Verhalten des Botryogens bezw. Römerits kaltem Wasser gegenüber ist zweifellos ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal für die beiden im Aussehen sonst so ähnlichen Mineralien, die sich auch in chemischer Beziehung sehr nahestehen.

Nach meinen Untersuchungen[3]) ist die Formel des Römerits

$$\overset{II}{Fe}\overset{III}{Fe_2}(SO_4)_4 + 14\,\text{aq},$$

die Groth[4]), meine am angegebenen Orte mitgeteilte Deutung der Constitution akzeptierend,

$$(SO_4)_4(FeHO)_2FeH_2 + 12\,\text{aq}$$

schreibt. Ebendort drückt er die Zusammensetzung des Botryogens durch die Formel

$$(SO_4)_4(FeHO)_2Mg_2 + 14\,\text{aq}$$

1) Diese Zeitschr. **12**, 240.

2) Bull. Dept. Geol. Univ. Cal. 1903, **3**, 231. Diese Zeitschr. **41**, 199.

3) Diese Zeitschr. **37**, 529.

4) Chemische Krystallographie **2**, 577.

aus. Es ist das dieselbe Formel, die Sjögren[1]) aus der Analyse des Botryogens von Falun, ausgeführt von Mauzelius, ableitet und die er

$$Mg\begin{matrix} / SO_4 \backslash \\ \backslash SO_4 / \end{matrix} Fe - HO + 7\,aq$$

schreibt.

Beide Mineralien können auch als Salze einer complexen Ferrischwefelsäure aufgefaßt werden. Diese Verbindung haben bekanntlich Recoura[2]) und ich[3]) unabhängig voneinander künstlich hergestellt und Krenner[4]) hat sie zu Schmölnitz in Oberungarn auch als Mineral beobachtet und Rhomboklas genannt. Die Formel dieser complexen Säure ist:

$$(SO_4)_4\,(FeHO)_2\,H_4.$$

Durch den Ersatz von $2H$ durch $\overset{II}{Fe}$ entstünde dann der Römerit, durch den Ersatz aller vier Wasserstoffatome durch vorwiegend Magnesia der Botryogen.

Der obenangeführten Formel entsprechen neben der Analyse von Mauzelius auch die Botryogenanalysen von Cleve[5]) und Eakle[6]). Zu abweichenden Analysenergebnissen gelangte Hockauf[7]). Er schreibt die Formel des Botryogens $\overset{II}{R}_5 Fe_4 S_9 O_{38} + 37\,aq$, worin $R = Mg$, $.Fe$ und Mn. Diese Formel könnte nur dann mit der obigen in Einklang gebracht werden, wenn man annimmt, daß das von Hockauf analysierte Material mit Eisenvitriol vermengt war, denn

$$2[\overset{II}{R}_2(FeHO)_2(SO_4)_4 + 15\,aq] + [FeSO_4 + 7\,aq] = \overset{II}{R}_5 Fe_4 S_9 O_{38} + 37\,aq.$$

Es würde auch der beobachtete Eisenoxydulgehalt hinreichen, um das Mitvorkommen des Eisenvitriols zu rechtfertigen, doch glaube ich nicht, daß dies die richtige Deutung von Hockauf's Analysenergebnissen ist. Denn an einem Handstück, das solange schon in einer Sammlung liegt wie jenes, von dem dieses Analysenmaterial stammt, kann der Eisenvitriol unmöglich

---

1) Geol. Fören. Förh. **17**, 311. Diese Zeitschr. **28**, 510.

2) Compt. rend. 1903, **137**, 118 und 189.

3) Diese Zeitschr. **35**, 345.

4) Akadémiai Ertesitö Budapest 1891, **11**, 96. Ich wurde auf diese Beobachtung Krenner's durch L. J. Spencer's »5. Liste neuer Mineralnamen« (Min. Mag. 1910, **15**, 429) aufmerksam gemacht. Dem Herrn Oberkustos A. Franzenau verdanke ich die wörtliche Übersetzung der bezüglichen Stelle aus dem Ungarischen. Sie lautet: »der Vortragende (Krenner) fand und bestimmte aus dem Pyritstocke von Szomolnok zwei neue Mineralien, das erste benannte er Rhomboklas, das zweite Szomolnokit. Jenes besteht aus durchsichtigen, wasserklaren, weißen Schuppen, welche der Endfläche nach vorzüglich spalten; seine krystallographischen und optischen Untersuchungen bezeugen es als rhombisch. Josef Loczka's chemische Untersuchung ergab: schwefelsaures Eisenoxyd mit 4 Molekülen Schwefelsäure und 9 Molekülen Wasser«.

5) Upsala Universitets Årsskrift 1862, **22**. 6) l. c.

7) l. c. 251. Auf S. 252 steht irrtümlicherweise 5 : 2 : 9 : 38 statt 5 : 2 : 9 : 37.

noch den vollen Wassergehalt besitzen. Er müßte entweder ganz oder doch teilweise verstäubt sein.

Wenn man nun von diesem ungeklärten Fall absieht, so ist es doch auffallend, daß der Botryogen bei dieser Schreibweise der Formel um zwei Moleküle Wasser mehr besitzen soll als der ähnliche Römerit. Diese Verschiedenheit kann jedoch leicht beseitigt werden, wenn man die Formel des Botryogen so schriebe:

$$(SO_4)_4(FeHO)_2(MgHO)_2H_2 + 12\,\mathrm{aq}.$$

Dann wäre der Botryogen ein Römerit, in dem das Atom $\overset{\mathrm{II}}{Fe}$ durch zwei einwertige Radicalgruppen $[Mg(HO)]$ ersetzt ist.

Diese Deutung findet eine Stütze in einem Versuch Recoura's[1]), der, als er das Ferritetrasulfat oder die complexe Ferrisulfosäure mit Alkohol behandelte und die so dargestellte Lösung verdunsten ließ, eine Verbindung erhielt, deren Zusammensetzung er

$$Fe_2O_3\,3\,SO_3SO_4(C_2H_5)_2 + 4\,\mathrm{aq}$$

schreibt. Nach meiner Auffassung der Constitution der Ferrischwefelsäure würde aber die Formel

$$(SO_4)_4(FeHO)_2H_2(C_2H_5)_2 + 2\,\mathrm{aq}$$

zu schreiben sein. Es wäre dann mit Ausnahme des Krystallwassergehaltes diese Verbindung ein Analogon zum Botryogen.

Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der obigen Formel liegt in dem Verhalten des Botryogens beim Erwärmen. Bekanntlich gibt der Römerit bis 130° von den 14 Molekülen Wasser 12 Moleküle ab. Da der Wasserverlust zwischen 130°—200° minimal ist, so kann man sagen, daß die restlichen 2 Moleküle erst über 200° aus der Verbindung austreten und deshalb als Constitutionswasser gedeutet werden können. Nun verhält sich die Wassermenge, die nach Eakle bis 160° aus dem Botryogen entweicht, zu der, die über dieser Temperatur ausgetrieben wird, wie 4 : 1 = 12 : 3, was ganz der von mir vorgeschlagenen Schreibweise der Botryogenformel entsprechen würde. Die Theorie würde einen Wasserverlust von 26,04 % bei 160° verlangen, Eakle beobachtete 25,62 %. Die von mir vorgeschlagene Schreibweise der Formel des Botryogens ist daher wahrscheinlich richtiger als die von Groth proponierte.

§ 64. **Die krystallographischen Analogien.** Diese chemischen Analogien zwischen Botryogen und Römerit haben mich veranlaßt, nachzuforschen, ob nicht auch krystallographische Ähnlichkeiten zwischen dem monoklinen Botryogen und dem triklinen Römerit bestehen.

Der Botryogen wurde zuerst von Haidinger[2]), später auch von

1) l. c. S. 189. 2) Pogg. Ann. 1828, **12**, 491.

Hockauf[1]) und Eakle krystallographisch untersucht. Letzterer berechnet für den Botryogen folgende krystallographische Constanten:

$$a:b:c = 0,6554:1:0,3996;\ \beta = 117^\circ 9'.$$

Seine Beobachtungen am »Palachëit« von der Redington Quecksilber Mine, Knoxville in Kalifornien stimmen, wie nachstehende Gegenüberstellung zeigt, ganz gut mit den von Haidinger am Botryogen von Mellanrums Ort in Falun gemachten überein, sodaß an der Identität beider nicht zu zweifeln ist.

Haidinger:		Eakle:	
$n:n =$	54° 38′ [2])		—
$q:q$	39	$n:n =$	39° 2′
$P:g$	66 23	$c:m$	66 40 [3])
$g:g$	60 4	$m:m$	60 30
$F:F$	98 12	$l:l$	98 48
$y:P$	59 29		—

Auch der Habitus der Krystalle ist an beiden Fundorten der gleiche kurzsäulenförmige, hervorgerufen durch das Vorherrschen der Flächen: $g = m$, $F = l$ und $P = c$. Nur sind die kalifornischen Krystalle flächenreicher. In nachstehender Tabelle sind die Flächenbezeichnungen Haidinger's und Miller's[4]) den von Eakle gebrauchten gegenübergestellt.

Eakle	{100}	{010}	{001}	{110}	{120}	{450}	$\{\bar{3}02\}$	$\{\bar{2}01\}$	{011}	{021}	$\{\bar{1}11\}$	$\{\bar{1}21\}$	$\{\bar{3}22\}$	$\{\bar{2}21\}$
	a	*b*	*c*	*m*	*l*	*t*	—	*d*	*n*	*o*	*p*	*s*	—	—
Haidinger	—	*u*	*P*	*g*	*F*	—	*y*?	—	*q*	—	—	—	—	*n*
Miller	—	*b*	*c*	*m*	*f*	—	*x*	—	*v*	—	—	—	*n*	—

Die Römeritkrystalle, welche meist nach der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit tafelartig entwickelt sind, wurden von Grailich[5]), Linck[6]) und Blaas[7]) untersucht. Während aber Grailich den Römerit für monoklin hielt, stellten die beiden anderen Forscher die trikline Natur der Römeritkrystalle zweifellos fest. Doch geben Blaas und Linck den Krystallen nicht die gleiche Aufstellung. Bei Blaas ist die Spaltfläche das Brachy-

1) l. c.

2) Die Haidinger'schen Winkel sind hier in Normalwinkel umgerechnet.

3) In Eakle's Originalarbeit ist S. 234 dieser Wert mit 60° 40′ angegeben. Dies ist ein Druckfehler, der sowohl in das Referat dieser Zeitschr. als auch in jenes im N. J. f. M. übergegangen ist, denn aus den Originalmessungen (100):(110) = 30° 15′ und (001):(100) = 62° 51′ berechnet er sich zu 66° 47′ nicht 60° 47′.

4) Mineralogie 1852, 551.

5) Sitzungsber. d. Wiener Akad. **28**, 274.

6) Diese Zeitschr. **15**, 22.

7) Sitzungsber. d. Wien. Akad. **88**, 1121. Diese Zeitschr. **10**, 409.

pinakoid, bei Linck die Basisfläche. Einen Vergleich der Flächenbezeichnung beider Forscher ermöglicht nachstehende Tabelle.

Linck	c {001}	a {100}	b {010}	q {011}	q' {0$\bar{1}$1}	n {0$\bar{1}$2}	n' {0$\bar{1}$3}	t {0.5.18}	t' {0$\bar{1}$4}	x {10$\bar{1}$}	y {508}	p {110}	m {320}
Blaas	{010}	{001}	{2$\bar{1}$0}	{1$\bar{1}$0}	{100}	{210}	{110}	—	—	{012}?	—	{$\bar{2}$12}	—

Bevor jedoch auf die Discussion der krystallographischen Ähnlichkeiten zwischen Botryogen und Römerit eingegangen werden kann, muß auf einige Unstimmigkeiten in den Angaben Linck's aufmerksam gemacht werden.

Linck bezeichnet die Fläche m einmal[1]) mit dem Symbol {320}, $\infty \breve{P}'\frac{3}{2}$ und fünf Zeilen weiter unten mit {110}, $\infty P'$, einem Symbol, das er früher der Fläche p gegeben hat. Mag nun das eine oder das andere richtig sein, immer würden die Flächen m und p auf demselben Stück der Zone von a über b liegen und zwar hier zwischen (100) und (010). Damit steht aber die Fig. 10 auf Taf. I. im Widerspruch, welche die Flächen m und p in verschiedenen Quadranten zeigt, nämlich p zwischen (100) und (010) und m zwischen (100) und (0$\bar{1}$0).

Wenn man nun die durch die Zeichnung dargestellten Verhältnisse als richtig annimmt, so würde sich aus den Winkeln:

$$p:b = 46^0 58' \qquad m:\bar{b} = 39^0 46' \qquad a:b = 98^0 43'$$

nach der Schrauf'schen Formel[2]) für die Fläche p das Symbol (110), für m das Symbol (1$\bar{1}$0) oder einer zu (1$\bar{1}$0) vicinalen Fläche berechnen.

Wenn man nun die Flächenverteilung am Botryogen und Römerit miteinander vergleicht, so fällt folgendes auf:

1) Die Zonen [(010):($\bar{1}$01):(0$\bar{1}$0)] und [(010):($\bar{1}$00):(0$\bar{1}$0)] am Botryogen und die Zone $\bar{b}cb$ und $\bar{b}\bar{a}b$ (nach Linck) am Römerit schließen fast die gleichen Winkel miteinander ein. Dieser Winkel ist am Botryogen $= 80^0 31' 58''$ nach Haidinger, $80^0 14'$ nach Eakle. Für den Römerit berechnet sich dieser Winkel unter Zugrundelegung der Linck'schen Messungen:

$$b:c = 64^0 20' \qquad b:\bar{a} = 81^0 17' \qquad c:\bar{a} = 90^0 24'$$

zu $80^0 7' 28''$.

2) Zeigen die monokline Zone [(010):($\bar{1}$01):(0$\bar{1}$0)] am Botryogen und die trikline Zone [$cb\bar{c}$] (Linck) bezw. [(010):(100):(0$\bar{1}$0)] (Blaas) eine ähnliche Flächenverteilung[3]).

---

1) l. c. S. 23, Zeile 9 von unten. 2) Diese Zeitschr. 8, 239.

3) Diese Ähnlichkeit in der Flächenverteilung tritt noch besser hervor, wenn man die trikline Römeritzone $\bar{c}bc$ unter Beibehaltung der ursprünglichen Axenlängen und Flächenbezeichnung in eine monokline bezw. orthogonale Zone überführt.

Wenn $p = (hkl)$, $a = (100)$, $b = (010)$, $c = (001)$ und C bezw. B die Axenlängen für Z und Y sind, so ist allgemein $\frac{C}{B} = \frac{\sin cap}{\sin bap}$. Bei orthogonaler Axenlage wird,

Botryogen	$(010):(\bar{1}21)$	$(\bar{1}21):(\bar{1}11)$	$(\bar{1}11):(\bar{1}01)$	$(\bar{1}01):(\bar{1}\bar{1}1)$	$(\bar{1}\bar{1}1):(\bar{1}\bar{2}2)$	$(\bar{1}\bar{2}1):(0\bar{1}0)$	Eakle
	51° 46′	16° 42′	21° 32′	21° 32′	16° 42′	51° 46′	
Römerit	$\bar{c}:n'$	$n':n$	$n:q'$	$q':b$	$b:q$	$q:c$	Linck
	52° 38′	18° 28′	22° 3′	22° 21′	16° 1′	48° 19′	
	$(0\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0)$	$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{2}\bar{1}0)$	$(\bar{2}\bar{1}0):(\bar{1}00)$	$(\bar{1}00):(\bar{2}10)$	$(\bar{2}10):(\bar{1}10)$	$(\bar{1}10):(010)$	Blaas
	52° 5′—52° 35′	17° 36′—18° 30′	23° 50′—24° 33′	21° 50′—23° 50′	15° 25′—17° 15′	46° 20′—47° 12′	

3) Ist der am Römerit beobachtete Winkel $x:c = 68^0\,27'$ auch in der Prismenzone des Botryogens möglich. Macht man nämlich die Fläche m zu (210), die Fläche l zu (110), so würde die Fläche (310) mit der Fläche (010) den Winkel 68° 45′ bilden.

Es scheint mir demnach eine Änderung der Aufstellung der Römeritkrystalle und eine Parallelisierung derselben mit jenen des Botryogens berechtigt. Ich habe sie durchgeführt unter folgenden Voraussetzungen:

Botryogen:		Römerit:	
$c = (001)$ alt wird zu	$(\bar{1}01)$	$c = (001)$ alt wird zu	(010)
$a = (\bar{2}01)$ » » »	(101)	$b = (010)$ » » »	(012)
$m = (110)$ » » »	(210)	$x = (10\bar{1})$ » » »	(310)
$l = (120)$ » » »	(110)	$n = (0\bar{1}2)$ » » »	$(0\bar{1}2)$

Diese neue Aufstellung sollen die Projectionen auf S. 379 veranschaulichen.

Wenn man nun beim Römerit dieselben Winkel, die Linck zum Ausgangspunkt der Berechnung für die krystallographischen Constanten gewählt hat, auch bei der jetzt notwendigen Neuberechnung verwendet, so bekommen noch immer einzelne Formen z. B. y hohe Indices $(9\bar{5}0)$. Auch werden

---

weil sich $\sphericalangle\, cap$ und $\sphericalangle\, bap$ auf 90° ergänzen $\frac{C}{B} = \operatorname{cotg} bap$ oder $\operatorname{cotg} pm \,.\, \cos mb$, wenn $m = (hk0)$. Im vorliegenden Fall vereinfacht sich die Rechnung noch, weil q, b, n, n' Domenflächen sind und deshalb m mit b zusammenfällt, also $mb = 0$ wird, zu:

$$\operatorname{cotg} pm = \operatorname{cotg} db = \frac{\sin cap}{\sin bap},$$

wenn $d = (0kl)$. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in nachstehender Tabelle den ursprünglichen Werten und den analogen Winkeln am Botryogen gegenübergestellt.

Winkel	$c:q = (010):(011)$	$c:b = (010):(012)$	$\bar{c}:n = (0\bar{1}0):(0\bar{1}2)$	$\bar{c}:n' = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1)$
ursprüngliche	48° 19′*	64° 20′*	71° 15′	53° 9′
berechnet	50° 19′	67° 27′	67° 27′	50° 19′
am Botryogen	51° 46′	68° 28′	68° 28′	51° 46′

die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung bei den meisten Winkeln größer als $\frac{1}{2}^0$. Ich habe daher aus den Winkeln:

$b:p =$	$(012):(\bar{3}12) =$	$46^0 50'$	u. $b:m =$	$(012):(312) =$	$39^0 46'$	den Winkel $(021):(100) =$	$82^0 22'$
aus $c:x$	$(010):(310)$	56 26	» $\bar{c}:y$	$(0\bar{1}0):(2\bar{1}0)$	68 27	» » $(010):(100)$	88 22
» $b:c$	$(012):(010)$	64 20	» $n:\bar{c}$	$(0\bar{1}2):(0\bar{1}0)$	71 16	» » $(010):(001)$	85 57

und auch den Zonenwinkel $[(100):(010)]:[(010):(001)]$ mit $80^0 43' 37''$ berechnet, wobei sich für alle Flächen einfache Indices und nur für $a(100)$ $q'(001)$ und $n'(0\bar{1}1)$ fehlerhafte Lagen ergaben.

Fig. 1.

Fig. 2.

Die auf diese Weise berechneten krystallographischen Constanten sind:

	α	β	γ	$a:b:c$
Botryogen	90^0	$99^0 35'$	90^0	1,2245 : 1 : 0,8263
Römerit	$94^0 44'$	$99^0 16'$	$87^0 22'$	1,2992 : 1 : 0,8302

Einen Vergleich der neuen und alten Bezeichnungsweise soll untenstehende Tabelle möglich machen.

	neue Symbole	(100)	(010)	(001)	(110)	(210)	(310)	(320)	$(2\bar{1}0)$	(011)	(012)
Botryogen	Eakle	a	b	—	l	m	—	k	—	s	p
		(100)	(010)	—	(120)	(110)	—	(450)	—	$(\bar{1}21)$	$(\bar{1}11)$
Römerit	Linck	$\bar{a}$	c	q'	—	—	x	—	y	q	b
		$(\bar{1}00)$	(001)	$(0\bar{1}1)$	—	—	$(10\bar{1})$	—	(508)	(011)	(010)
	Blaas	(001)	$(0\bar{1}0)$	(100)	—	—	—	—	—	$(1\bar{1}0)$	$(2\bar{1}0)$

	neue Symbole	(01̄2)	(01̄1)	(04̄3)	(03̄2)	(101)	(1̄01)	(1̄11)	(1̄12)	(312)	(3̄12)
Botryogen	Eakle	—	—	—	—	*d*	*c*	*s*	*n*	—	—
		—	—	—	—	(2̄01)	(001)	(021)	(011)	—	—
Römerit	Linck	*n* (01̄2)	*n'* (01̄3)	*t* (0.5̄.18)	*t'* (01̄4)	—	—	—	—	*m* (320)?	*p* (110)
	Blaas	(110)	(210)	—	—	—	—	—	—	—	(21̄2)

Diesem Axenverhältnis entsprechen beim Römerit folgende Winkel:

Flächenbezeichnung nach Linck	Indices nach Scharizer	berechnet	beobachtet	Beob.-Rechn.
t' : *c̄*	(03̄2) : (01̄0)	40° 47′	40° 46′	— 1′
t : *c̄*	(043) : (01̄0)	44 38	44 21	— 17
n' : *c̄*	(01̄1) : (01̄0)	53 16	52 38	— 48
n : *c̄*	(012) : (01̄0)	—	71 16*	—
q' : *c̄*	(001) : (01̄0)	94 3	93 19	— 44
b : *c*	(012) : (010)	—	64 20*	—
q : *c*	(011) : (010)	48 38	48 19	— 19
a : *c*	(100) : (010)	91 38	90 24	—1° 14
ā : *b*	(100) : (012)	82 22	81 17	—1 5
ā : *n*	(100) : (01̄2)	80 42	79 50	— 52
c : *x*	(010) : (310)	—	68 27*	—
c̄ : *y*	(01̄0) : (21̄0)	—	56 26*	—
b : *p*	(012) : (3̄12)	—	46 58*	—
b : *m*	(012) : (312)	—	39 46	—

Die Ausbildung der Römeritkrystalle scheint überhaupt viel zu wünschen übrig zu lassen. Das beweist die Zusammenstellung der Messungen auf S. 381, die Blaas an verschiedenen Krystallen des Römerits von Rammelsberg und aus Persien gemacht hat.

Auch zwischen den Winkelwerten Linck's und denen von Blaas bestehen große Differenzen. Besonders auffallend ist, daß, wenn man der Fläche (21̄2) [Blaas] eine analoge Lage gibt wie der *p*-Fläche Linck's, der Winkel (100) : (010) bei Blaas kleiner als 90° ist, während er bei Linck größer als 90° ist. Auch die von Blaas mit dem Symbol (012) bezeichnete Fläche, die dem Winkel nach der *x*-Fläche Linck's entsprechen würde, liegt bei Blaas nicht im Zonenstück (100) : (010), sondern im Zonenstück (100) : (01̄0), und müßte daher das Zeichen (31̄0) haben.

Daraus ergibt sich, daß die krystallographischen Constanten des Römerits noch mit einer ziemlich großen Unsicherheit behaftet sind, und

daß eine neuerliche krystallographische Untersuchung desselben sehr am Platze wäre.

Indices nach Blaas	Rammelsberg					Persien			Winkel nach Linck
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
$(100):(010)$	—	—	—	94° 45′	—	—	—	—	93° 19′
$(00\bar{1}):(0\bar{1}0)$	90° 45′	—	—	—	—	—	—	—	89 36
$(001):(010)$	—	—	—	—	—	90° 38′	—	91° 5′	
$(\bar{1}00):(010)$	—	—	85° 15′	—	—	—	—	—	86 41
$(100):(0\bar{1}0)$	—	—	—	84 21	—	—	—	—	
$(001):(0\bar{1}0)$	89 27	—	—	—	—	89 25	—	89 47	90 24
$(\bar{1}10):(010)$	—	—	46 55	46 46	47° 00′	47 12	47° 00′	46 20	48 19
$(1\bar{1}0):(0\bar{1}0)$	47 19	46° 10′	—	—	—	—	—	—	
$(\bar{1}\bar{1}0):(0\bar{1}0)$	52 35	52 5	—	—	—	—	—	—	52 38
$(110):(001)$	—	—	—	80 47	—	—	—	—	—
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}00)$	—	—	42 20	—	41 59	—	—	—	40 47
$(\bar{1}10):(\bar{1}00)$	—	—	38 20	—	38 25	—	—	—	38 22
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}10)$	—	80 45	80 40	—	—	—	—	—	79 3
$(110):(1\bar{1}0)$	—	—	—	81 23	—	—	—	—	
$(\bar{1}\bar{1}0):(1\bar{1}0)$	—	98 40	—	—	—	—	—	—	100 57
$(\bar{2}\bar{1}0):(0\bar{1}0)$	—	—	—	—	—	71 3	69 55	71 16	71 16
$(2\bar{1}0):(0\bar{1}0)$	—	—	—	62 23	—	—	63 6	—	64 20
$(\bar{2}\bar{1}0):(\bar{1}00)$	—	—	23 50	—	24 33	—	—	—	22 3
$(\bar{2}10):(\bar{1}00)$	—	—	21 5	—	23 00	—	—	—	22 21
$(2\bar{1}0):(001)$	—	—	—	78 50	—	—	—	—	79 50
$(\bar{2}10):(\bar{1}10)$	—	—	63 25	—	—	—	—	—	63 58
$(2\bar{1}0):(110)$	—	—	—	65 40	—	—	—	—	
$(\bar{2}\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0)$	—	—	18 30	—	17 36	—	—	—	18 38
$(\bar{2}10):(\bar{1}10)$	—	—	17 15	—	15 25	—	—	—	16 1
$(\bar{2}10):(\bar{2}\bar{1}0)$	—	—	—	—	47 23	—	—	—	44 24
$(2\bar{1}0):(2\bar{1}\bar{2})$	—	—	—	47 21	—	—	—	—	46 58
$(012):(001)$	21 48	—	—	—	—	—	—	—	—
$(0\bar{1}\bar{2}):(00\bar{1})$	22 9	—	—	—	—	—	—	—	—
$(012):(0\bar{1}0)$	111 15	—	—	—	—	—	—	—	—
$(0\bar{1}\bar{2}):(0\bar{1}0)$	68 38	—	—	—	—	—	—	—	—
$(2\bar{1}\bar{2}):(00\bar{1})$	—	—	—	52 45	—	—	—	—	51 45

16. Der Copiapit.

§ 65. **Discussion der Linck'schen Winkelmessungen.** Durch den Streit über die Existenzberechtigung von Böckh's Janosit[1]) war auch die Frage nach der Krystallform des Copiapits neuerdings zur Discussion ge-

[1]) Vgl. hierüber: Diese Zeitschr. **46**, 428 u. 432.

stellt worden. Bekanntlich stehen sich in diesen Punkten zwei Beobachtungen gegenüber.

Bertrand[1]) und Descloizeaux[2]) halten den Copiapit für rhombisch. Sie bestimmten mit Hilfe des Mikroskopes den Winkel $(110):(1\bar{1}0)$, der fast immer nach (001) tafelförmig entwickelten Krystalle zu ungefähr 78^0. Sie fanden ferner, daß die optische Achsenebene parallel zur Fläche $\{010\}$ sei, die, wie Bertrand angibt, zugleich Spaltfläche ist. Auf $\{001\}$, der Fläche der zweiten vollkommenen Spaltbarkeit, steht nach Descloizeaux die stumpfe negative Bisektrix senkrecht. $2H_0 = 113^0 10\frac{1}{2}'$ für rotes Glas, $114^0 15'$ für Natriumlicht.

Linck[3]) dagegen faßt die Copiapitkrystalle als monoklin auf, macht die vollkommene Spaltbarkeit — Bertrand's $\{001\}$ — zu $\{010\}$ und gibt der Fläche, zu der die zweite unvollkommene Spaltbarkeit parallel geht — Bertrand's $\{010\}$ — das Symbol $\{\bar{4}09\}$. Nach Linck ist die Achsenebene ungefähr parallel zu dieser Trace, der Achsenwinkel für Natriumlicht $2H_0 = 111^0 36'$. Für jenen Winkel aber, den Bertrand als Prismenwinkel anspricht, berechnet Linck den Wert $72^0 3'$[4]) statt 78^0.

Für die Richtigkeit des Linck'schen Winkelwertes tritt nur Weinschenk[5]) ein, während Toborffy[6]) und ich[7]) den Wert 102^0 bezw. 78^0 an natürlichen sowie an künstlichen Copiapitkrystallen mehrfach bestimmten. Auch Sjögren[8]) findet diesen Winkel gleich $80^0 30'$ bezw. $99^0 30$, also ähnlicher dem Werte Bertrand's und meint, daß Linck die Flächen (409) und $(\bar{4}09)$ verwechselt habe.

Bei den Versuchen, diese Unterschiede aus den Linck'schen Messungen selbst aufzuklären, bin ich zu Ergebnissen gekommen, die mir wert scheinen, mitgeteilt zu werden.

Wenn man nämlich — vergl. Fig. 3 auf S. 383, die eine Projection der Copiapitkrystalle in der von Linck gewählten Aufstellung ist — aus den Dreiecken sbo, sbn und nby unter Zugrundelegung der von Linck gemessenen Winkel:

$$sn = 28^0 37',\quad sb = 79^0 24',\quad bo = 70^0 6',\quad so = 38^0 32',\quad bn = 82^0 29',$$
$$by = 86^0 27',\quad yn = 45^0 44'$$

die Zonenwinkel bei b berechnet, so erhält man:

---

1) Bull. soc. min. de France **3**, 58. Diese Zeitschr. **6**, 294.

2) Bull. soc. min. de France **4**, 40. Diese Zeitschr. **6**, 299.

3) Diese Zeitschr. **15**, 14.

4) Der Winkel $71^0 56'$, den Linck für $a:c$ angibt, folgt nicht aus den Winkeln $m:b = 65^0 30'$, $m:q = 60^0 49'$ und $q:b = 47^0 9'$, sondern diesen Werten entspricht $72^0 3'$ für $\measuredangle qbm$.

5) Földtani Közlöny **36**, 224 u. 359. Diese Zeitschr. **44**, 75 u. 77.

6) Diese Zeitschr. **46**, 432.

7) Diese Zeitschr. **43**, 369.

8) Geol. Förening Förh. **17**, 307.

für $\sphericalangle\, sbo = (001):(\bar{4}09) = 38^0 52'$, für $\sphericalangle\, sbn = (001):(\bar{1}04) = 28^0 21'$,
für $\sphericalangle\, nby = (\bar{1}04):(\bar{5}06) = 45^0 11'$.

Der zuerst angeführte Wert ist nun fast ganz genau gleich dem Winkel (110):(100) bei Bertrand, nämlich 39⁰.

Als ich nun weiter aus dem Dreiecke *odc* den Winkel $dco = 29^0 59'$ berechnete und gestützt auf diesen Wert und den Zonenverband $o = (\bar{4}49)$ zu $c = (001)$ zu $m' = (1\bar{1}0)$, sowie den Winkel $24^0 30'$ für $(100):(1\bar{1}0)$ den Abstand (001):(100) zu ermitteln suchte, gelangte ich zu dem Werte $52^0 10'$ und nicht $72^0 3'$. Nun kommt dieser Winkel $52^0 10'$ dem Winkel für (110):(010), der nach Bertrand 51⁰ betragen würde, auffallend nahe, sodaß man annehmen könnte, die Zone $d:b$ entspräche der Zone (100):(001) nach Bertrand, die Zone $s:b$ der Zone (110):(001) und die Zone $m:b$ der Zone (010):(001). *d* wäre dann (100).

Mit dieser Auffassung stimmt aber nicht überein:

1) daß Linck angibt, die Axenebene sei fast parallel zu *d* und

2) daß parallel zu *d* die zweite, auch schon von Bertrand beobachtete Spaltbarkeit verlaufe. Die Fläche *d* (Linck) kann also nur der Bertrand'schen (010)-Fläche entsprechen. Demzufolge müßte der Zonenverband *o*, *c*, *m*, der zum Winkel $52^0 10'$ für (001):(100) (Linck'sche Aufstellung) führte, falsch sein.

Fig. 3.

Ich trage aber auch einige Bedenken gegen die Richtigkeit des Wertes $73^0 3'$ für (100):(001), der aus dem Dreieck *mbq* folgt. Man gelangt nämlich zu einem mit den Bertrandschen Angaben besser übereinstimmenden Wert, wenn man annimmt, der Winkel $60^0 49'$ beziehe sich nicht auf den Bogen *mq*, sondern auf den Bogen $p:r$. Dann berechnet sich aus dem Dreieck *prb* der Zonenwinkel bei *b* zu $76^0 52'$, was dem von Bertrand beobachteten Werte von 78⁰ näher kommen würde.

Unter der Voraussetzung nun, daß $(110:1\bar{1}0)$ — natürlich im Bertrand'schen Sinne — gleich $76^0 52'$ sei, könnte *d* dann das Brachypinakoid (010) bleiben, und es wäre halbwegs eine Übereinstimmung zwischen den Beobachtungen Linck's und denen von Bertrand-Descloizeaux hergestellt. Aber auch jetzt müßte das rhombische System für den Copiapit fallen gelassen werden, weil, wenn $76^0 52' = (110):(1\bar{1}0)$ und $38^0 52' = (1\bar{1}0):(010)$, der Winkel $(110):(010) = 64^0 16'$ sein müßte. Die Copiapitkrystalle sind demnach im günstigsten Falle monoklin mit der Fläche vollkommenster Spaltbarkeit als Symmetrieebene.

§ 66. **Die krystallographischen Beziehungen des Copiapits zu den anderen Ferrisulfaten.** Es wäre nun auch noch zu entscheiden, ob die von Linck gewählte Aufstellung der Copiapitkrystalle und die daraus folgende Flächenbezeichnung beizubehalten sei, oder ob auf Grund bestehender Analogien mit der Krystallgestalt anderer Ferrisulfate eine Änderung am Platze wäre.

Zweifellos bestehen gewisse Ähnlichkeiten zwischen Botryogen und Copiapit.

1) Beide Mineralien besitzen eine vollkommene Spaltbarkeit nach der Symmetrieebene und außerdem noch eine zweite, weniger vollkommene, die beim Botryogen parallel zu {210} (neue Bezeichnung) verläuft. Beim Copiapit ist diese Spaltung nach Linck parallel {$\bar{4}$09}. Beide Zonen könnten also krystallographisch identifiziert werden.

2) Sowohl beim Botryogen als auch beim Copiapit steht die stumpfe negative Bisektrix senkrecht auf der Spaltfläche, und die Axenebene bildet beim Botryogen einen Winkel von ungefähr 12° mit der Prismenkante, beim Copiapit fällt dieselbe »ungefähr mit {$\bar{4}$09} zusammen«. Dies wäre ein weiterer Grund, den Zonen mb beim Botryogen und db beim Copiapit gleiche Lage zu geben.

3) Ist beim Copiapit der Zonenwinkel $[m:b:d] = 64^{0}16'$ nur um weniges größer als der Zonenwinkel ($\bar{1}$01) : (010) : ($\bar{1}$00) beim Botryogen, der 62° 51′ beträgt.

Fig. 4.

Wenn man nun den Copiapit so aufstellen wollte wie den Botryogen, dann müßte man die Fläche d des Copiapits zu {100} und die Zone $m:p:b$ zur Zone ($\bar{1}$01) : (010) machen. Wählt man nun für das Querdoma, durch welches die Zone $[r:q:b]$ geht, den Index {302}, so würde daraus eine Axenneigung $\beta = 101^{0}42'$ resultieren, die der entsprechenden Neigung beim Botryogen (99° 35′) sehr nahe kommt. (Fig. 4.)

Die Zone mpb ist nach Linck beim Copiapit sehr flächenreich, während die analoge Zone des Botryogen außer den Formen {$\bar{1}$01} und {010} nur noch zwei Formen, nämlich $o = \{\bar{1}11\}$ und $n = \{\bar{1}12\}$ enthält. Linck maß in obiger Copiapitzone folgende Winkel:

b zu:	{4.17.0},	{4.15.0},	{7.20.0},	$p = \{120\}$,	{580},	$m = \{110\}$,
	26° 29′	30° 26′	38° 20′	48° 42′	53° 55′	65° 55′

{750},	{730},	{920}	(Symbole nach Linck).
71° 56′	79° 26′	84° 46′	

Die beiden Botryogenwinkel $o:b = 54^0 35'$ und $n:b = 70^0 26'$ fänden in den Winkeln (010):(580) und (010):(750) ihre Analoga. Dieselben stehen aber in keinem einfachen Cotangentenverhältnis und sind zudem seltene und schlecht entwickelte Flächen. Die Form m dagegen tritt an allen und die Formen p, r und q auch an den flächenreicheren Krystallen des II. Typus auf.

Die Cotangenten mb und pb stehen allerdings auch nicht genau im Verhältnis 1 : 2. Da aber r, p und d in einer Zone liegen, so ist es zweckmäßig, bei der Berechnung der krystallographischen Constanten von $p = (\bar{1}11)$ als Grundpyramide auszugehen. Es würde dann folgen:

$$a:b:c = 1{,}4453 : 0{,}9752;\ \beta : 101^0 42'.$$

Die wichtigsten Flächen erhalten nun die Symbole: $m = \{\bar{2}12\}$, $r = \{322\}$, $q = \{332\}$, $o = \{410\}$, $s = \{15.3.10\}$, $d = \{100\}$, $b = \{010\}$. Vergl. Fig. 4, Projection der Neuaufstellung auf (010).

Die berechneten und beobachteten Winkel sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

	Berechnet:	Beobachtet:
$\sphericalangle\, dbr$	$= 38^0 52'$*	
$\sphericalangle\, \bar{d}bp$	$= 76^0 52'$*	
$p:b = (\bar{1}11):(010)$	$= 48^0 42'$*	
$m:b = (\bar{2}12):(010)$	$= 66^0 17'$	$65^0 30'$
$r:b = (322):(010)$	$= 58^0 32'$	$58^0 50'$
$q:b = (332):(010)$	$= 47^0 27'$	$47^0 9'$
$o:b = (410):(010)$	$= 70^0 6'$	$70^0 6'$

Alle diese Angaben gelten natürlich nur dann, wenn meine Vermutung, daß der Winkel $60^0 49'$ sich nicht auf $q:m$, wie Linck angibt, sondern auf $r:p$ bezieht, richtig ist. Dies können aber nur neuerliche goniometrische Untersuchungen der Copiapitkrystalle entscheiden, für die mir zurzeit leider das Material fehlt.

§ 67. **Die chemische Zusammensetzung der natürlichen Copiapite.** In den meisten mineralogischen Lehr- und Handbüchern wird die empirische Formel des Copiapites $Fe_4 S_5 O_{21} + 18$ aq geschrieben. Nur Groth gibt in seiner chemischen Krystallographie[1]) dem Copiapit die Formel

$$[(SO_4)_5 Fe_4 (HO)_2 + 18 \text{ aq}],$$

was in der gewöhnlichen Schreibweise gleich $Fe_4 S_3 O_{21} + 19$ aq ist, nachdem schon früher Linck[2]) diese Formel für wahrscheinlicher gehalten hat.

Die natürlichen Copiapite entsprechen jedoch nie ganz genau einer dieser beiden Formeln, besonders dann nicht, wenn auch noch zweiwertige Basen wie Mg, $\overset{II}{Fe}$, Zn und Mn sich am Aufbau der Verbindung beteiligen.

1) Chem. Krystallographie **2**, 472.

2) Diese Zeitschr. **15**, 18.

Man hätte demnach zwei Gruppen von Copiapiten zu unterscheiden:

a) die *RO*freien Copiapite,

b) die *RO*haltigen Copiapite.

a) Die chemische Zusammensetzung der *RO*freien Copiapite. Von den *RO*freien Copiapiten, das sind jene Copiapite, die nur Eisenoxyd, Schwefelsäure und Wasser enthalten, liegen nur zwei Analysen vor. Die eine stammt von Linck[1]), die andere habe ich vor vielen Jahren an einem Material ausgeführt, das ich von Dr. Krantz in Bonn mit der Fundortsangabe »Sierra de l'Alcapa rossa« erhalten habe. Zu diesen Analysen kann ich noch eine Analyse eines von mir dargestellten künstlichen Copiapites hinzufügen. Ich erhielt denselben, als ich künstlichen Rhomboklas längere Zeit mit einer zur vollständigen Lösung nicht hinreichenden Menge Alkohol behandelte.

	Natürliche Copiapite						Künstliche Copiapite			
	Linck			Scharizer			Scharizer			Theorie
	Perzente	Mol.-Quot.	Mol.-Verh.	Perzente	Mol.-Quot.	Mol.-Verh.	Perzente	Mol.-Quot.	Mol.-Verh.	Perzente
SO_3	38,91	0,486	5,2	38,62	0,483	5,14	38,72	0,459	5,06	38,22
Fe_2O_3	30,10	0,187	2	30,24	0,188	2	30,68	0,192	2	30,65
H_2O	30,74	1,708	18,26	30,75	1,709	18,18	30,60	1,700	17,80	31,03
Unlöslich	—	—	—	0,90	—	—	—	—	—	—
	99,75			100,51			100,00			100,00

In den beiden Analysen der natürlichen Copiapite ist der Schwefelsäure- und Wassergehalt etwas zu hoch, beim künstlichen Copiapit ist der Wassergehalt etwas zu gering. Die Abweichungen von der theoretischen Zusammensetzung sind indessen nicht so groß, daß man die Formel $Fe_4S_5O_{21} + 18\,aq$ durch eine andere ersetzen müßte.

Der Wassergehalt der *RO*freien Copiapite. Die Copiapite unterscheiden sich vom Rhomboklas, Coquimbit und Römerit — für den Botryogen liegen keine darauf bezughabenden Beobachtungen vor — wesentlich dadurch, daß sie im Exsiccator über Schwefelsäure Wasser abgeben, was bekanntlich diese nicht tun. Es wäre aber falsch, zu glauben, daß das Wasser, welches im Exsiccator über Schwefelsäure entweicht, immer sehr locker gebundenes Krystallwasser sei, wie etwa beim Eisenvitriol. Die Schwefelsäure im Exsiccator vermag Verbindungen auch Wasser zu entziehen, das sonst nur bei Anwendung höherer Temperaturen aus der Verbindung austritt[2]).

1) l. c. 17.

2) Aus diesem Grunde ist auch die Analyse des Misy vom Rammelsberg, die List (Ann. Ch. Pharm. **74**, 239) ausgeführt hat, bezüglich des Wassergehaltes unrichtig. List trocknete nämlich das mit Alkohol gewaschene Material, bevor er es einwog, über Schwefelsäure.

Bei mehreren Versuchen ist mir nämlich aufgefallen, daß Copiapite, die im Exsiccator gewichtsconstant geworden waren, wieder an Gewicht zunahmen, wenn sie im Trockenschrank auf 50° erwärmt worden waren. Ein Versuch zeigte nun direct, daß die Copiapite erst über 60° anfangen, größere Wassermengen abzugeben.

Gewichtsverlust bei	50° =	0,50 %
	60	0,60
	62	5,84
	70	1,10
Summe		8,04 %

Dieselbe Menge Wasser, nämlich 8,08 %, verlor die untersuchte Substanz auch im Exsiccator.

Die Wasserverluste aller drei Copiapite, deren Analyse oben mitgeteilt

t	Künstlicher Copiapit		Natürlicher Copiapit		Linck's Beobachtungen	
	einzeln	zusammen	einzeln	zusammen	einzeln	zusammen
50°	1,30 %	1,30 %	—	—	—	—
60	6,68	7,98	—	—	—	—
70	0,25	8,23	8,46 %[1]	8,46 %	—	—
80	0,60	8,83	—	—	—	—
90	0,35	9,18	—	—	—	—
100	4,94	14,12	5,62	14,03	—	—
110	3,19	17,31	—	—	12,73 %	12,73 %
120	2,89	20,20	—	—	—	—
130	0,70	20,90	—	—	—	—
135	—	—	6,38	20,46	—	—
140	0,50	21,40	—	—	—	—
150	1,47	22,87	—	—	—	—
160	0,38	23,25	—	—	6,59	19,32
165	—	—	2,27	22,73	—	—
170	1,00	24,25	—	—	—	—
180	0,58	24,83	—	—	—	—
190	0,35	25,18	—	—	—	—
200	0,80	25,98	—	—	—	—
205	—	—	1,72	24,45	—	—
210	—	—	—	—	6,39	25,71
220	—	—	0,86	25,31	—	—
245	—	—	0,97	26,28	—	—
270	—	—	—	—	2,43	28,14
295	—	—	2,39	28,67	—	—
360	—	—	—	—	0,64	28,78
über 295	—	—	2,05	30,72	—	—
» 360	—	—	—	—	1,96	30,74

1) Gewichtsverlust im Exsiccator.

wurde, sind in vorstehender Tabelle zusammengestellt. Zu dieser sei bemerkt, daß der Unterschied in der Art der Gewichtsverlustbestimmung bei dem von mir analysierten künstlichen und natürlichen Copiapit davon herrührt, daß letztere Analyse aus der Anfangszeit meiner Studien über die Ferrisulfate stammt, also aus einer Zeit, wo man sich allgemein damit begnügte, die Gewichtsverluste bei einigen willkürlich gewählten Temperaturen zu bestimmen. Das damals Versäumte konnte ich leider nicht mehr nachtragen, da mir das Untersuchungsmaterial nicht mehr zur Verfügung stand.

Die Übereinstimmung zwischen den Beobachtungen am künstlichen Copiapit und dem von der Sierra de l'Alcapa rossa ist gut. Weniger gut stimmen meine Beobachtungen mit jenen Linck's überein. Wahrscheinlich liegt der Grund hierfür in der Methode. Ich ging niemals früher zu einer höheren Temperatur über, bis nicht zwei Wägungen nach je 24stündigem Erhitzen bei derselben Temperatur absolute Gewichtsconstanz ergaben.

Aus allen drei Beobachtungsreihen folgt aber übereinstimmend, daß bis 200° bezw. 210° und 220° C. 25,98 % bezw. 25,71 und 25,31 % Wasser aus der Verbindung austreten. Es sind dies genau 15 Moleküle — die Theorie verlangt 25,86 % — während 3 Moleküle erst über 200° entweichen. Die Linck'schen Beobachtungen lassen ferner erkennen, daß von diesen 3 Molekülen eines fester gebunden ist als die anderen zwei.

In meinen früheren Arbeiten habe ich nun gezeigt, daß dem Rhomboklas, der beim Erwärmen 6 Moleküle H_2O bei 70°, 3 Moleküle H_2O nebst einem Molekül SO_3 bei 130° abgibt, nachstehende Structurformel zukommt, die mit den Entwässerungserscheinungen in vollkommenem Einklang steht.

$$\begin{matrix} HO-Fe\left\langle\begin{matrix}SO_4H\\SO_4H\end{matrix}\right. \\ HO-Fe\left\langle\begin{matrix}SO_4H\\SO_4H\end{matrix}\right.\end{matrix} + 6\,aq \qquad \begin{matrix} HO-Fe\left\langle\begin{matrix}SO_4H\\SO_4H\end{matrix}\right. \\ HO-Fe\left\langle\begin{matrix}SO_4H\\SO_4H\end{matrix}\right.\end{matrix} \qquad \begin{matrix} Fe\left\langle\begin{matrix}SO_4\\ \end{matrix}\right. \\ \rangle SO_4 \\ Fe\left\langle\begin{matrix} \\ SO_4\end{matrix}\right.\end{matrix}$$

Zuerst entweicht das Krystallwasser bei 70°, dann wird der Wasserstoff der Schwefelsäure abgespalten, der sich einerseits mit dem Hydroxyl des Eisens zu Wasser verbindet, anderseits auch ein Schwefelsäuremolekül zum Austritt zwingt.

Beim Coquimbit, der 6 Moleküle Krystallwasser bei 85° und das 7. bei 128° abgibt, erfolgt der Austritt des Constitutionswassers bei einer etwas höheren Temperatur zwischen 130—150°. Hier wird keine Schwefelsäure abgespalten, denn

$$\begin{array}{l} HO-Fe\langle {}^{SO_4H}_{SO_4} \\ HO-Fe\langle {}^{}_{SO_4H} \end{array} + 7\,\mathrm{aq} \quad \text{wird zu} \quad \begin{array}{l} Fe\langle {}^{SO_4}_{SO_4} \\ Fe\langle {}^{}_{SO_4} \end{array}$$

auch ohne Abspaltung von SO_3.

Vom Römerit, dessen Krystallwasser bei 70⁰ (11 Moleküle) und bis 130⁰ (1 Molekül) entweicht, gilt dasselbe. Aus

$$\left.\begin{array}{l} HO-Fe\langle {}^{SO_4H}_{SO_4} \\ HO-Fe\langle {}^{SO_4}_{SO_4H} \end{array}\right\} Fe + 12\,\mathrm{aq} \quad \text{wird über } 200^0 \quad \left.\begin{array}{l} Fe\langle {}^{SO_4}_{SO_4} \\ Fe\langle {}^{SO_4}_{SO_4} \end{array}\right\} Fe$$

Beim Sideronatrit $[(HOFe_2)(SO_4Na)_4 + 6\,\mathrm{aq}]$ endlich entweichen 4 Moleküle Krystallwasser schon im Exsiccator über Schwefelsäure, 2 Moleküle bei 125⁰, während das letzte Wassermolekül, das als Hydroxyl an das Eisen gebunden ist, erst beim stärkeren Glühen abgespalten wird[1].

In allen vier Fällen tritt die Scheidung von Krystall- und Konstitutionswasser, wie ich sie in den aufgestellten Formeln durchgeführt habe, deutlich hervor. Die trennende Temperaturgrenze ist bei den verschiedenen Ferrisulfaten nicht gleich. Sie verschiebt sich um so mehr nach aufwärts, je mehr das Verhältnis $Fe_2O_3 : SO_4$ sich dem von 1 : 1 nähert.

Wenn man nun auch beim Copiapit die 3 über 200⁰ aus der Verbindung austretenden Wassermoleküle als Constitutionswasser auffaßt, so kommt man für die ROfreien Copiapite zur Formel:

$$(HOFe)_4(HSO_4)_2(SO_4)_3 + 15\,\mathrm{aq},$$

die sich in ihrer Bauart ganz an die von mir für die übrigen Ferrisulfate aufgestellten Formeln anschließt. Auch hier erscheint das Eisen als zweiwertiges Radical $HO\text{-}Fe<$ und von den vorhandenen Schwefelsäuremolekülen bringen auch hier zwei nur je eine Valenz dem Eisen gegenüber zur Geltung.

Die einzelnen Stadien der Entwässerung lassen sich sehr schön durch nachstehende Structurformeln wiedergeben.

---

1) Diese Zeitschr. **41**, 223.

Bei normaler Temperatur: bei 200⁰: bei 300⁰: über 300⁰:

$$\begin{array}{l} HO-Fe<^{SO_4H}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4H} \end{array} + 15\,aq$$

$$\begin{array}{l} HO-Fe<^{SO_4H}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4H} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} Fe<^{SO_4}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4} \\ HO-Fe<^{}_{SO_4} \\ Fe<^{}_{SO_4} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} Fe<^{SO_4}_{SO_4} \\ O\left\{\begin{array}{l} Fe<^{}_{SO_4} \\ Fe<^{}_{SO_4} \end{array}\right. \\ Fe<^{}_{SO_4} \end{array}$$

Wird *RO*freier Copiapit über 100⁰ erhitzt, so beginnt er seine ursprüngliche schwefelgelbe Farbe in eine bräunlichgelbe umzuändern. Nimmt man das Erhitzen in einer Eprouvette vor, so beobachtet man, daß sich zuerst das Volumen des Pulvers stark vermindert, sodaß eine früher ganz volle Eprouvette nun halb leer erscheint. Bei 104⁰ beginnt das Pulver unter starkem Braunwerden im Krystallwasser zu schmelzen, bei 112⁰ bläht es sich stark auf und erfüllt nun wieder die ganze Eprouvette.

Ein Thermometer, das in das Copiapitpulver hineingesteckt wurde, zeigt im Intervall 20—140⁰ drei deutliche Haltepunkte bei 105⁰, bei 116⁰ und 135⁰. Letzterer Haltepunkt ist am wenigsten ausgeprägt. Der deutlichste liegt bei 116⁰. Auffallend ist, daß der Temperatur von 62⁰, bei welcher der erste größere Wasserverlust eintritt, kein Haltepunkt entspricht. Vielleicht ist daran die große Volumverminderung schuld, die bewirkt, daß die Berührung zwischen Substanz und Thermometer weniger innig wurde. Bei den angeführten Temperaturen erleidet der Copiapit folgende Gewichtsverluste:

62⁰ . .	7,98⁰ =	ungefähr	5	Moleküle	(8,60 %)
105⁰ . .	14,12⁰ =	»	8	»	(13,76 %)
116⁰ . .	20,20⁰ =	»	12	»	(20,64 %)

Demnach wären neben dem Hydrat mit 15 aq noch solche mit 10 aq bei 62⁰, 7 aq bei 105 und 3 aq bei 116⁰ wahrscheinlich.

b) Die chemische Zusammensetzung der *RO*haltigen Copiapite. In der Literatur habe ich 7 Analysen von *RO*haltigen Copiapiten gefunden. Ich selbst habe 4 Analysen ausgeführt. Alle 11 Analysen sind in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt worden, und zwar enthält der erste Teil dieser Tabelle die Perzente, der zweite die Molekularquotienten.

Aus dieser Zusammenstellung geht ohne weiteres hervor, daß es unmöglich ist, die Zusammensetzung der *RO*haltigen Copiapite durch eine Formel auszudrücken. Man hat sich bisher mit der Annahme geholfen, daß der *RO*gehalt dieser Copiapite von einer Beimengung verschiedener

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SO_3	38,47	38,82	38,36	39,97	38,48	38,44	38,47	38,27	38,22	39,03	39,44
Fe_2O_3	28,10	26,79	25,04	26,54	24,46	26,36	26,78	26,39	26,19	29,16	28,00
Al_2O_3	2,95	0,37	0,31	—	—	—	—	—	—	—	—
FeO	—	3,28	0,44	0,46	0,27	1,53	1,51	0,33	0,45	1,55	—
MnO	—	—	—	0,21	0,16	—	—	—	—	—	—
ZnO	—	—	—	—	0,58	2,11	1,67	1,45	2,47	—	2,00
MgO	0,15	1,16	0,20	3,06	3,75	0,98	0,66	1,73	0,85	—	—
CaO	—	0,26	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na_2O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,31	—
H_2O	29,50	[29,57]	29,71	30,43	32,39	30,09	30,07	30,60	31,33	[29,57]	30,64
Unlösl.	0,78	0,75	5,43	—	0,09	0,15	0,27	0,79	0,40	—	—
Summe	99,60	100,00	99,58	100,67	100,18	99,66	99,43	99,56	99,91	100,00	100,08
SO_3	0,481	0,485	0,480	0,500	0,481	0,480	0,481	0,479	0,479	0,488	0,493
Fe_2O_3	0,176	0,167	0,157	0,166	0,153	0,165	0,167	0,165	0,164	0,182	0,182
Al_2O_3	0,029	0,004	0,003	—	—	—	—	—	—	—	—
FeO	—	0,046	0,006	0,007	0,004	0,021	0,021	0,005	0,006	0,022	—
MnO	-	— } 0,075	— } 0,013	0,003 } 0,087	0,002 } 0,107	— } 0,071	— } 0,059	— } 0,067	— } 0,058	—	—
ZnO	—	—	—	—	0,007	0,026	0,021	0,019	0,031	-	0,025
MgO	0,004	0,029	0,007	0,077	0,094	0,024	0,017	0,043	0,021	—	—
CaO	—	0,005	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na_2O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,005	—
H_2O	1,639	1,639	1,651	1,691	1,799	1,672	1,671	1,700	1,741	1,643	1,702

1. Darapsky: Tierra amarilla. N. J. f. M. 1890, **1**, 62. Diese Zeitschrift **21**, 147.
2. Melville u. Lindgren: Sulphurbanks. Bull. Un. Stat. geol. Surv. 1891, 61. Diese Zeitschr. **20**, 497.
3. Schaller: Leona Heights, Alameda County. Bull. Dept. Geol. Un. Cal. 1903, **3**. Diese Zeitschr. **41**, 208.
4. Melville u. Lindgren: Redington Quecksilber Mine, Knoxville Cal. l. c.
5. Mauzelius: Falun. Geol. Fören. Förh. 1895, **17**, 306. Diese Zeitschr. **28**, 510.

6 u. 7. Scharizer: Südamerika.

8 u. 9. Scharizer: Rammelsberg.

10. Makintosh: Tierra amarilla. Am. Journ. of Sc. 1889, **38**, 245. Diese Zeitschr. **18**, 671.
11. Ahrend u. Ulrich: Rammelsberg. Zeitschr. f. d. ges. Naturw. Halle 1854, **3**, 32.

Vitriole herrühre. Wenn man aber dieses Gemenge von Copiapit und Vitriolen berechnen will, so findet man:

1) Daß bei den Analysen 1 und 2 sich ein Abgang an Schwefelsäure ergibt, der 2,84 % und 1,80 % betragen würde, daß aber Analyse 3 einen Überschuß von 1,36 % und Analyse 11 einen solchen von 1,04 % gegen die Rechnung aufweist. Bei den übrigen Analysen ist der Abgang bezw. Überschuß an Schwefelsäure geringer. Er schwankt zwischen 0,88 % und 0,16 %.

2) Wenn man den Wassergehalt des beigemengten Vitriols berechnet, so schwankt derselbe zwischen 4,5 und 2,6 Molekülen.

Diese Erscheinung kann man allerdings damit erklären, daß man annimmt, die beigemengten Vitriole seien partiell, und zwar in ungleichem Maße, verstäubt gewesen. Die Stichhaltigkeit dieser Annahme soll nun an den Ergebnissen der Wasserbestimmungen näher geprüft werden.

t	6		8		7		9	
	einzeln	zusammen	einzeln	zusammen	einzeln	zusammen	einzeln	zusammen
über H_2SO_4	8,55	8,55	8,83 %	8,83	10,23	10,23	10,37	10,37
70°	—	—	—	—	—	—	0,25	10,62
80	1,37	9,92	—	—	1,01	11,24	—	—
100	5,32	15,24	0,45 %	9,28	6,60	17,84	—	—
102	—	—	—	—	—	—	0,33	10,95
130	7,13	22,37	—	—	5,10	22,94	—	—
135	—	—	12,91	22,19	—	—	12,35	23,30
150	1,59	23,96	—	—	1,29	24,23	1,16	24,46
152	—	—	1,36	23,55	—	—	—	—
200	2,45	26,41	2,18	25,73	2,58	26,81	3,00	27,46
250	1,59	28,00	1,89	27,62	1,73	28,54	1,85	29,31
300	1,38	29,38	1,27	28,89	1,11	29,65	1,30	30,61
über 300°	0,71	30,09	1,71	30,60	0,42	30,07	0,74	31,35

Die Analysen sind so geordnet, daß die *RO* reichste den ersten Platz einnimmt.

Bevor auf die nähere Discussion dieser Ergebnisse eingegangen werden soll, muß noch mit einigen Worten auf das Verhalten der Vitriole beim Erwärmen zurückgekommen werden. Es ist allgemein bekannt, daß die siebenfach gewässerten Vitriole 6 Moleküle Wasser unter 100° abgeben. Differenzen bestehen jedoch in den Angaben, bei welcher Temperatur das 7. Molekül aus der Verbindung austritt. In Abegg's Handbuch der anorganischen Chemie[1]) steht, daß Bittersalz bei 200°, Zinkvitriol bei 240° wasserfrei werde. Meine Versuche dagegen ergaben, daß der Magnesiumvitriol sein Halhydratwasser bei 240, der Zinkvitriol aber schon bei 185° abzuspalten beginnt. In beiden Fällen konnte ich auch feststellen, daß die eine Hälfte

1) II, 2, 60 u. 352.

des Halhydratwassers bei dieser Temperatur rasch entweicht, während die andere Hälfte langsam aus der Verbindung austritt.

Wenn man nun gestützt auf diese Beobachtungen und ausgehend von den auf S. 390 für den *RO* freien Copiapit mitgeteilten Molekularquotienten die Wassermengen berechnet, die bei 100°, 130° und bis 200° aus dem fraglichen Vitriol-Copiapitgemenge austreten sollten, so kommt man zu folgendem Ergebnis:

Nr. der Analyse		Wasserverlust bis			Gesamtwassergehalt der beteiligten Salze		$RO:Fe_2O_3$
		100°	130°	200°			
	beobachtet	14,08 %	20,46 %	24,45 %	30,72 %	Copiapit	
6.	berechnet	14,34	19,93	24,85	3,36	Vitriol	1
	beobachtet	15,24	22,37	26,41	26,73	Copiapit	2,3
8.	berechnet	14,91	20,50	25,29	3,87	Vitriol	1
	beobachtet	9,28	22,19	25,73	26,73	Copiapit	2,4
7.	berechnet	14,36	19,99	24,88	3,02	Vitriol	1
	beobachtet	17,84	22,94	26,81	27,05	Copiapit	2,7
9.	berechnet	15,92	21,44	26,42	4,77	Vitriol	1
	beobachtet	10,95	23,30	27,46	27,57	Copiapit	2,8

Die Ergebnisse der Berechnung sprechen nicht zugunsten obiger Annahme. Aus der nachstehenden Tabelle ergeben sich vielmehr Momente, die eher auf isomorphe Mischungen hinzuweisen scheinen.

Nr. der Analyse	*RO*	Fe_2O_3	SO_3	H_2O	Nr. der Analyse	*RO*	Fe_2O_3	SO_3	H_2O
5	0,693	1	3,114	11,758	7	0,353	1	2,880	10,006
4	0,524	1	3,014	10,187	2	0,438	1	2,836	9,585
3	0,080	1	3,000	10,319	11	0,137	1	2,709	9,352
9	0,354	1	2,921	10,597	10	0,121	1	2,681	9,027
6	0,430	1	2,909	10,113	1	0,019	1	2,358	8,027
8	0,406	1	2,903	10,303					

Nr. der Analyse	6					7					11				
	RO	Fe_2O_3	SO_3	H_2O	$RO:H_2O$	RO	Fe_2O_3	SO_3	H_2O	$RO:H_2O$	RO	Fe_2O_3	SO_4	H_2O	$RO:H_2O$
beobachtet . . .	71	165	480	1672	1 : 23,6	59	167	481	1671	1 : 28,3	25	182	493	1702	1 : 68,1
Copiapit . . .	—	24	60	216	1 : 9	—	48	120	432	1 : 9	—	132	330	1188	1 : 9
RO-Copiapit . . .	70	140	420	1456	1 : 20,8	60	120	360	1239	1 : 20,7	25	50	150	514	1 : 20,6

Im allgemeinen entspricht der Abnahme der Verhältniszahlen für Schwefelsäure auch einer Abnahme der zweiwertigen Basen. Aber auch hier passen die Analysen 1, 2 und 3 nicht in die Reihe, und auch Analyse 9 steht außerhalb derselben.

Bemerkenswert ist, daß bei den meisten Analysen das Verhältnis von $Fe_2O_3 : SO_3$ nahezu gleich 1 : 3 ist, und daß dieses Verhältnis, wenn man die auf RSO_4 entfallende Schwefelsäuremenge in Abzug bringt, dem Verhältnis des Copiapites 1 : 2,5 nahekommt.

Es lag daher die Vermutung nahe, daß die RO-Copiapite Additionsprodukte des normalen Copiapites mit RSO_4 seien. Eine solche Verbindung, die den eben angedeuteten Anforderungen genügt, wäre $RFe_4S_6O_{25}$. Dieser Formel mit 20 aq entspricht Analyse 4.

	Theorie:	Beobachtet:	Beob.-Rechn.:
SO_3	= 39,90 %	39,97 %	+ 0,07 %
Fe_2O_3	= 26,60	26,54	— 0,06
RO[1])	= 3,56	3,73	+ 0,17
H_2O	= 29,94	30,43	+ 0,49
	100,00 %	100,67 %	

Wenn man nun von diesem Gesichtspunkte aus die Analysen 6, 7 und 11 berechnet, so resultiert für den RO-Copiapit — s. nebenstehende Tabelle — ein Wassergehalt von 20,6—20,8 Molekülen.

Wenn man dagegen auf gleiche Weise die Analyse 8 berechnet, so erhält man für das Verhältnis $RO : H_2O$ den Wert 1 : 21,3, was für den RO-Copiapit zur Formel $RFe_4S_6O_{25} + 21$ aq führen würde.

1) In dieser, wie in allen anderen Analysen RO haltiger Copiapite wurde der Perzentsatz für RO dadurch gefunden, daß in jeder Analyse aus den beobachteten RO Mengen und der Summe der Molekularquotienten von RO ein Molekulargewicht für RO berechnet, und diese Zahl dann bei der Berechnung der theoretischen Zusammensetzung benutzt wurde.

Berechnet man nun die Analyse 9 als ein Gemenge dieses wasserreichen RO-Copiapit mit dem normalen Copiapit, so ergibt sich ein Überschuß von 0,88 % SO_3 und 1,64 % H_2O. Diese Reste würden der Formel $H_2SO_4 + 7$ aq entsprechen. Neben Schwefelsäure von solcher Conzentration kann aber nach meinen Erfahrungen[1] Copiapit nicht bestehen. Er müßte wenigstens zum Teil in Rhomboklas umgewandelt sein. Nimmt man die Aufteilung der Bestandteile unter diesem Gesichtspunkte vor, so entfallen:

auf 58 RO-Copiapit	58 Mol. RO	116 Mol. Fe_2O_3	348 Mol. SO_3 u.	1218 Mol. H_2O
» 20 Copiapit	—	40	100	360
» 8 Rhomboklas	—	8	32	72
Summe berechnet	58 Mol. RO	164 Mol. Fe_2O_3	480 Mol. SO_3 u.	1650 Mol. H_2O
beobachtet	58	164	479	1741

Es besteht also ein Überschuß von 91 Molekülen Wasser, d. i. 1,64 %.

Dieser Überschuß kann nur dann zum Verschwinden gebracht werden, wenn man die Substanz 9 als Gemenge von Copiapit mit der Verbindung $R_2Fe_4S_7O_{29} + 26$ aq auffaßt. Dann ist die Aufteilung folgende:

29 $R_2Fe_4S_7O_{29} + 26$ aq	= 58 RO	58 Fe_2O_3	203 SO_3	754 H_2O
55 Copiapit	—	110	275	990
Summe berechnet	= 58 RO	168 Fe_2O_3	478 SO_3	1744 H_2O
beobachtet	58	164	479	1741

Alle eben angeführten Möglichkeiten für die Deutung der chemischen Constitution der ROhaltigen Copiapite lassen sich auf ihre Richtigkeit hin prüfen, wenn man deren Entwässerungskurve in die Discussion einbezieht. Sehr wahrscheinlich ist, daß bei allen hier angenommenen Verbindungen das Constitutionswasser, wenn solches zugegen ist, ebenso wie beim Römerit und Copiapit erst über 200° aus der Verbindung austreten wird.

Die Constitutionsformeln für die fraglichen RO-Copiapite lassen sich nun folgendermaßen schreiben:

```
      /RO\
SO4<       >SO4
      \Fe/
         \
          >SO4
HO—Fe<
          >SO4 + 18 aq
HO—Fe<
          >SO4
HO—Fe<
          \SO4H
```

a) $RFe_4S_6O_{25} + 20$ aq

```
          /SO4H
HO—Fe<
          \
           >SO4
          /
HO—Fe—SO4 \
           } R + 18 aq
HO—Fe—SO4 /
          \
           >SO4
          /
HO—Fe<
          \SO4H
```

b) $RFe_4S_6O_{25} + 21$ aq

1) Diese Zeitschr. **46**, 450.

```
         R                                      SO4H
SO4 <       > SO4                          /
         Fe                      HO — Fe — SO4 }
            > SO4                              } R
HO — Fe <                        HO — Fe — SO4 }
            > SO4 + 25 aq                  > SO4 + 25 aq
HO — Fe <                        HO — Fe   SO4 }
            > SO4                              } R
         Fe                      HO — Fe — SO4 }
SO4 <       > SO4                          \
         R                                      SO4H
```

c) $R_2Fe_4S_7O_{29} + 26$ aq   d) $R_2Fe_4S_7O_{29} + 28$ aq.

Demnach müßten, wenn die Verbindung a) zugegen wäre, 2 Moleküle
» » » b) » » 3 »
» » » c) » » 1 »
» » » d) » » 3 »
Wasser über 200° aus der Verbindung austreten.

Substanz 8 besteht nach obiger Annahme aus 66 Molekülen der Verbindung b) und 24 Molekülen Copiapit. Bei 200° müßten daher weggehen

$$[3 \times 66 + 3 \times 24] = 270 \text{ Moleküle Wasser} = 4,86\,\%.$$

Beobachtet wurde 4,87 %.

Substanz 6 besteht aus 70 Molekülen der Verbindung a) und 12 Molekülen Copiapit. Die theoretische Menge des Constitutionswassers beträgt: $[70 \times 2 + 12 \times 3] = 176$ Moleküle $= 3,17\,\%$; beobachtet wurden 3,68 %, also $\frac{1}{2}$ % zuviel. Wenn man nun statt der Verbindung a) die Verbindung b) annehmen würde, so würden $[70 \times 3 + 3 \times 12] = 246$ Moleküle $= 4,43\,\%$ Constitutionswasser, also um 75 % zuwenig Wasser enthalten sein. Es müßten sich demnach sowohl die Verbindungen a) und b) an dem Aufbau des Materiales 6 beteiligen, und zwar im Verhältnis von 2b : 3a. Dann wäre der theoretische Constitutionswassergehalt $= 3,67\,\%$.

Substanz 7 wurde als Mischung von 60a und 24 Copiapit aufgefaßt. Die Menge des Constitutionswassers soll daher $[60 \times 2 + 24 \times 3] = 192$ Moleküle oder 3,46 % betragen. Beobachtet wurden 3,26 %, also um 0,2 % zuwenig, was aber immerhin als genügende Übereinstimmung angesehen werden kann.

Substanz 9 soll, da sie als Gemenge von 29c und 55 Copiapit gedeutet wurde, $[29 + 3 \times 55] = 194$ Moleküle oder 3,49 % Wasser über 200° abgeben. In Wirklichkeit beträgt dieser Verlust 3,87 %, d. i. um 0,38 % zuviel.

Substanz 5 stellt sich ein Gemenge von 53 Molekülen der Verbindung c) mit 23 Molekülen Copiapit dar:

53 $[R_2Fe_4S_7O_{29} + 26\,aq] =$	106 RO	106 Fe_2O_3	371 SO_4	1378 H_2O
23 $[Fe_4S_5O_{21} + 18\,aq] =$	—	46	115	414
berechnet:	106 RO	152 Fe_2O_3	486 SO_4	1792 H_2O
beobachtet:	107	153	481	1799

Leider hat Mauzelius nicht die Wasserverluste bei verschiedenen Temperaturen bestimmt, weshalb eine analoge Prüfung der Annahme wie bei den Analysen 6, 7, 8 und 9 nicht möglich ist.

68. **Ergebnisse.** Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit sind:

1) Die Formel des Botryogens ist statt $Mg_2[FeHO]_2[SO_4]_4 + 14$ aq besser $[HOMg]_2[FeHO]_2[HSO_4]_2[SO_4]_2 + 12$ aq zu schreiben. Dieser Schreibweise entspricht auch die Structurformel $HO - Fe{<}^{SO_4H}_{SO_4MgHO} + 6$ aq.

2) Zwischen Botryogen und Römerit bestehen krystallographische Analogien, die es wünschenswert erscheinen lassen, die krystallographischen Constanten folgendermaßen zu schreiben:

Botryogen

a : b : c = 1,2245 : 1 : 0,8263 $\alpha = 90^0$, $\beta = 99^0 35'$, $\gamma = 90^0$

Römerit

a : b : c = 1,2992 : 1 : 0,8302 $\alpha = 94^0 44'$, $\beta = 99^0 16'$, $\gamma = 87^0 22'$

3) Ebenso bestehen zwischen Botryogen und Copiapit unverkennbare physikalische und krystallographische Analogien, die durch Änderung der Aufstellung der Copiapitkrystalle besser zum Ausdruck gebracht werden könnten. Doch müssen vorerst die Zweifel, die über die Richtigkeit der Linck'schen Beobachtungen aufgetaucht sind, durch neue Messungen beseitigt werden.

4) Es gibt zweierlei Copiapite, die alle von gelber Farbe sind und krystallographisch bis jetzt nicht unterschieden werden konnten.

a) Die an zweiwertigen Basen freien normalen Copiapite, denen die empirische Formel $[HOFe]_4[HSO_4]_2[SO_4]_3 + 15$ aq, bezw. die Constitutionsformel

```
SO4H   SO4     SO4     SO4    SO4H
   \Fe/   \Fe/    \Fe/    \Fe/
    |      |       |       |
    HO     HO      HO      HO
```

zukommt;

b) RO haltige Copiapite, die durch Anlagerung des Radicals $[RSO_4] + x$ aq an das Molekül des normalen Copiapites erklärt werden können und von denen 3 verschiedene Glieder zu existieren scheinen:

a

$$
\begin{array}{l}
SO_4\langle\begin{array}{c}R\\Fe\end{array}\rangle SO_4 \\
\qquad\quad Fe\rangle SO_4 \\
HO-Fe\langle \\
\qquad\quad \rangle SO_4 + 18\,aq \\
HO-Fe\langle \\
\qquad\quad \rangle SO_4 \\
HO-Fe\langle \\
\qquad\quad SO_4H
\end{array}
$$

b

$$
\begin{array}{l}
\qquad\qquad SO_4H \\
HO-Fe\langle \\
\qquad\qquad \rangle SO_4 \\
HO-Fe-SO_4 \\
\qquad\qquad\qquad \Big\} R + 18\,aq \\
HO-Fe-SO_4 \\
\qquad\qquad \rangle SO_4 \\
HO-Fe\langle \\
\qquad\qquad SO_4H
\end{array}
$$

c

$$
\begin{array}{l}
SO_4\langle\begin{array}{c}R\\Fe\end{array}\rangle SO_4 \\
\qquad\quad Fe\rangle SO_4 \\
HO-Fe\langle \\
\qquad\quad \rangle SO_4 + 25\,aq \\
HO-Fe\langle \\
\qquad\quad SO_4 \\
\qquad Fe \\
SO_4\qquad SO_4 \\
\qquad R
\end{array}
$$

5) Das Halhydratwasser des Magnesiumvitrioles entweicht bei 240°, das des Zinkvitrioles bei 185° bei genügend langem Erwärmen vollständig. Dabei tritt die eine Hälfte rasch, die andere Hälfte dagegen sehr langsam aus der Verbindung aus, sodaß auch darin ein Zeichen für die ungleiche Bindung der beiden Wasserstoffatome und ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Formel $HO\overset{II}{R} - SO_4H$ gesehen werden kann.

Graz, im Weihnachtsmonat 1912.

Nachtrag. Erst nach Abschluß dieser Arbeit konnte ich in E. Manasse's Publication über die Elbaner Ihleite (Processi verbali della Società Toscana di Scienze Naturali 1911) Einsicht nehmen, in der er für den ROfreien Copiapit die Formel $Fe_4S_5O_{21} + 16$ aq propagiert. Zu diesem niederen Wassergehalt kommt er:

1) weil er RO als siebenfach gewässerten Vitriol in Abzug bringt, was nach dem auf S. 374 Gesagten nicht angehen dürfte und

2) weil er einen Teil des Wassergehaltes des Copiapites als hygroskopisches Wasser ansieht.

Ich hoffe demnächst auf diese Frage zurückzukommen.

XXIV. Calcit von Stromberg.

Von

A. Jahn in Plauen i. V.

(Hierzu Taf. V.)

Im 2. Hefte des L. Bandes dieser Zeitschr., S. 133, gab ich eine Beschreibung einer Anzahl von mir gesammelter Calcitkrystalle von Stromberg am Soonwald. Nachdem ich im Jahre 1911 abermals Gelegenheit hatte, an derselben Fundstelle zahlreiche, weitere Krystalle zu sammeln, die in ihrer Ausbildung zum Teil wesentlich von den bereits untersuchten abweichen, will ich an dieser Stelle auch über das Ergebnis meiner letzten Untersuchung berichten.

Da die Formen in ihrer Entwickelung die Einteilung der Krystalle in verschiedene Typen sehr erschweren, will ich im folgenden die Krystalle der Reihe nach einzeln beschreiben. Hierbei möchte ich bemerken, daß eine Anzahl, in der Flächengröße oder Anzahl ihrer Indices nur unwesentliche Abweichungen aufweisende Krystalle, unerwähnt geblieben sind, da sie entweder als dem einen oder anderen Krystall zugehörig oder als Übergangsglied zweier Individuen aufgefaßt werden können. Am Schlusse befindet sich eine Winkeltabelle, die den Berechnungen zugrunde liegt; ebenso findet sich dort eine Zusammenstellung aller von mir beobachteten Formen am Calcit von Stromberg.

Krystall I. (Fig. 1) zeigt die Formen: $r\{100\}$, $d\{33\bar{5}\}$, $\Omega\{60\bar{5}\}$, $S_,\{15.3.1\bar{7}\}$, $x_,\{81.46.7\bar{9}\}$. Der Habitus dieses Krystalles wird durch die drei Skalenoëder Ω, $S_,$, $x_,$ bestimmt, wohingegen die Rhomboëder r und d nur untergeordnet auftreten. Mit Ausnahme der matten und rauhen Flächen von r sind alle anderen glänzend und geben im allgemeinen gute Reflexe. Das Skalenoëder $x_,$ wurde aus seinen Polkantenwinkeln berechnet, wobei die gemessenen mit den berechneten Werten ziemlich gut übereinstimmen:

	Gemessen:	Berechnet:
stumpfer Polkantenwinkel	22° 50′	22° 45′ 45″
scharfer »	89 20	89 37 14

Diese Form ist neu. Bisweilen tritt zu den angeführten Formen noch das Rhomboëder $f\{11\bar{1}\}$, wodurch dann die Krystalle den früher unter Typus II beschriebenen sehr ähnlich sind.

Krystall II. Das Aussehen dieses Krystalles ähnelt dem ersten sehr. Die Ausbildungsweise ist auch im wesentlichen dieselbe. Nur an Stelle des Skalenoëders $x,\{81.46.7\bar{9}\}$ tritt ein anderes, nämlich $B_{,,}\{97.58.\bar{9}2\}$, dessen Flächen jedoch nur sehr klein entwickelt sind. Auch dieses Skalenoëder dürfte am Kalkspat noch nicht beobachtet worden sein. Es ließ sich ebenfalls aus den stumpfen und scharfen Polkantenwinkeln berechnen:

	Gemessen:	Berechnet:
stumpfer Polkantenwinkel	20° 48′	21° 7′ 28″
scharfer »	89 32	89 23

Es zeigen auch hier alle Flächen mit Ausnahme des Grundrhomboëders gutspiegelnde Beschaffenheit. Bisweilen sind an diesem Krystall die Combinationskanten von $B_{,,}$ mit Ω, und die von d mit Ω durch schmale Flächen abgestumpft, die durch Ätzung entstanden, sich aber infolge Rundung und matter Beschaffenheit nicht näher bestimmen ließen. Einige Krystalle dieser Ausbildungsweise sind auf einem anderen Krystall aufgewachsen, der nur das Rhomboëder d erkennen läßt, dessen Randkanten durch das Skalenoëder $S,$ eine Zuschärfung erhalten.

Krystall III. (Fig. 2) trägt infolge stärkeren Hervortretens des Grundrhomboëders nicht den rein skalenoëdrischen Typus, wie die vorher beschriebenen Krystalle. Auch zeigt er verschiedene durch Ätzung entstandene Skalenoëder, die als Abstumpfung und Zuschärfung der Kanten der selbständigen Formen auftreten und es erscheint der Krystall daher teilweise gerundet. Festgestellt werden konnten folgende Formen: $r\{100\}$, $d\{33\bar{5}\}$, $S,\{15.3.\bar{1}7\}$, $B_{,,}\{97.58.\bar{9}2\}$, $x\{21\bar{2}\}$, $f\{11\bar{1}\}$. Das Skalenoëder $B_{,,}$ ist nur klein entwickelt, gibt aber wie bei Krystall II gute und einheitliche Reflexe; x tritt als Abstumpfung der Combinationskante von $B_{,,}$ mit Ω auf. Ferner ist noch ein, durch Ätzung entstandenes, Skalenoëder x_2 vorhanden, das die stumpfe Polkante von x zuschärft und infolge Alternierens mit d, parallel der Combinationskante, eine feine Streifung aufweist. Infolge seiner schlechten Oberflächenbeschaffenheit konnte es nicht näher bestimmt werden. Einige Krystalle derselben Ausbildungsweise weichen infolge verschiedengroßer Entwickelung derselben in ihrem Aussehen stark voneinander ab.

Krystall IV. (Fig. 3). Den Habitus dieses Krystalles bestimmen die Rhomboëder $r\{110\}$ und $d\{33\bar{5}\}$, während die anderen Formen nur untergeordnet auftreten. Vorhanden sind außerdem noch das Rhomboëder $f\{11\bar{1}\}$

und das Skalenoëder $B,\{23.14.\bar{2}\bar{2}\}$. Das Letztere wurde gleichfalls wieder aus seinen Polkantenwinkeln abgeleitet, wobei die gemessenen Werte mit den berechneten ziemlich übereinstimmen.

	Gemessen:	Berechnet:
stumpfer Polkantenwinkel	21° 15′	21° 25′
scharfer »	91 7	91 1

Auch dieses Skalenoëder ist meines Wissens noch nicht bekannt. Bei diesem Krystall sind im Gegensatz zu allen übrigen die Flächen von r von gutspiegelnder Beschaffenheit.

Krystall V. (Fig. 4.) In seinem Aussehen ähnelt dieser Krystall dem vorhergehenden. Auch er erhält sein Hauptgepräge durch die Rhomboëder $d\{33\bar{5}\}$ und $r\{100\}$. Doch treten bei ihm eine Anzahl Formen hinzu, die wir bei dem vorigen Krystall nicht finden. Es ließen sich noch nachstehende Indices berechnen: $f\{11\bar{1}\}$, $M\{11\bar{3}\}$, $\Omega\{60\bar{5}\}$, $S,\{15.3.\bar{1}\bar{7}\}$, $B,\{23.14.\bar{2}\bar{2}\}$, $g,\{66\bar{7}\}$. Alle diese Flächen treten nur untergeordnet auf. Das Rhomboëder $g,\{66\bar{7}\}$ ist der Mittelwert der etwas gekrümmten Fläche, die die Polkante von $B,$ abstumpft und am Reflexionsgoniometer mehrere schwache Reflexe gibt. Das Skalenoëder $B,\{23.14.\bar{2}\bar{2}\}$ stumpft die Combinationskante von r mit d ab, während $S,\{15.3.\bar{1}\bar{7}\}$ als Zuschärfung der Randkanten von d erscheint. Sehr klein im Gegensatz zu anderen Krystallen ist das Skalenoëder $\Omega\{60\bar{5}\}$ entwickelt. Eine weitere Fläche, die aber nicht selbständig auftritt, stumpft die Randkante von $S,$ ab und geht durch Alternation in Ω über. Es handelt sich hierbei um das Prisma $a\{10\bar{1}\}$. Ferner sind an dem Skalenoëder $B,\{23.14.\bar{2}\bar{2}\}$ noch zwei vicinale Skalenoëder zu erkennen, die beim Vergleichen mit Krystall III das Skalenoëder $x\{21\bar{2}\}$ vermuten lassen und ebenso dürfte das andere, nicht näher bestimmbare der Lage nach das mit x_2 bezeichnete in Fig. 2 sein. Die Combinationskante von $B,$ mit Ω erscheint durch Auftreten einer schmalen Fläche eines Skalenoëders (y) abgestumpft; doch ist infolge Rundung, die auf Ätzung zurückzuführen ist, keine Messung möglich.

Krystall VI zeigt im wesentlichen dieselbe Ausbildungsweise wie die Krystalle I und II und mit dem Unterschied, daß bei diesem Individuum das Rhomboëder $d\{31\bar{5}\}$ und das Grundrhomboëder die herrschenden Formen sind. Ferner treten noch zwei Skalenoëder hinzu, die mit $x,$ und Ω in einer Zone liegen, von denen sich das eine, an Ω anstoßende, als das positive Skalenoëder $\varrho,\{41.9.\bar{1}\bar{5}\}$ berechnen ließ. Es wurde abgeleitet aus der Neigung zu $x,$. Die Polkantenwinkel berechnen sich wie folgt:

stumpfer Polkantenwinkel	41° 2′ 18″
scharfer »	54 47 46

das zweite, nicht näher bestimmbare Skalenoëder stumpft die Combinationskante von ϱ, und x, ab. Beide Flächen lassen eine Entstehung durch Ätzung vermuten.

Krystall VII weist nachstehende Formen auf: $d\{33\bar{5}\}$, $S,\{15.3.\bar{17}\}$, $\Omega\{605\}$, $f\{11\bar{1}\}$, $e\{110\}$, $r\{100\}$, $g\{\bar{7}\bar{7}8\}$, $x,\{81.46.79\}$. Dem Krystall ist ein anderer von ähnlicher Ausbildung aufgewachsen, der an Stelle des Rhomboëders $g\{\bar{7}\bar{7}8\}$ das Rhomboëder $f\{11\bar{1}\}$ aufweist. Bisweilen ist dieses Individuum abermals von einem dritten überwachsen. Dieses letztere läßt jedoch nur sehr undeutlich die Form $\{110\}$ erkennen, und sitzt mit seinen stark corrodierten Flächen direct auf dem Grundrhomboëder des zweiten Krystalles auf. Das Rhomboëder $g\{\bar{7}\bar{7}8\}$ ist der mittlere Wert der schmalen Fläche, die die stumpfe Polkante des Skalenoëders $x,\{81.46.79\}$ abstumpft und am Reflexionsgoniometer ein langes Band von Reflexen gibt. Die Flächen von Ω alternieren auch hier mit $a\{101\}$. Auch das Skalenoëder x_2 (Fig. 2) ist vorhanden und zeigt gleichfalls infolge Alternierens eine feine Streifung parallel seiner Combinationskante mit d.

Auffallend groß ist an dem Krystall das Skalenoëder $x,\{81.46.\bar{79}\}$ entwickelt. Ebenso ist das Skalenoëder x_2, das auch hier dieselbe Beschaffenheit wie an den anderen Krystallen zeigt, sehr groß vorhanden. Infolge der herrschenden Skalenoëder erscheint der Krystall in der Richtung der c-Axe verlängert.

Krystall VIII zeigt einen rein skalenoëdrischen Habitus mit den Formen: $\Omega\{605\}$, $S,\{15.3.\bar{17}\}$, x_2, $x,\{81.46.79\}$, $d\{335\}$. Das Rhomboëder d tritt gegen die anderen Formen stark zurück; doch lassen die vorhandenen Ätzerscheinungen erkennen, daß es ursprünglich größer entwickelt gewesen ist. Die oberen Begrenzungsflächen des Krystalles konnten nicht ermittelt werden, da demselben ein anderer Krystall aufgewachsen ist, der dieselbe Ausbildung zeigt, wie der an anderer Stelle beschriebene Typus II. Die Flächen von r des aufgewachsenen Individuums sind mit einer kalkigen Kruste überzogen.

Krystall IX stellt gleichfalls einen auf einem anderen aufgewachsenen Krystall vor. Der Grundkrystall zeigt jedoch nur das Rhomboëder $d\{335\}$, dessen Flächen nach der Spitze zu infolge Ätzung gerundet erscheinen. Seine auf- und absteigenden Kanten werden durch schmale Flächen von S, zugeschärft. Der aufsitzende Krystall zeigt jedoch das Skalenoëder S, am größten und d nur untergeordnet entwickelt. Infolge verzerrter Ausbildungsweise sind nicht alle Flächen vollzählig vorhanden. Das Rhomboëder $f\{11\bar{1}\}$ und das Skalenoëder $B\{535\}$ sind nur untergeordnet; hingegen die Flächen von $r\{100\}$ sowie $e\{110\}$ und $\Omega\{605\}$ noch groß entwickelt. Das Rhomboëder e ist nur mit einer Fläche vorhanden. Infolge derselben

rauhen Beschaffenheit wie das Grundrhomboëder läßt sich diese Form nur aus dem Zonenverbande bestimmen.

Krystall X ist ein Zwilling nach $r\{100\}$. Die Indices sind dieselben wie bei Krystall III. Die Formen ließen sich jedoch nur durch Vergleichen mit dem Auge feststellen, da der Krystall teilweise matte Beschaffenheit und Rundung der Flächen aufweist. Nur das Skalenoëder $x\{21\bar{2}\}$ konnte durch Messung identifiziert werden. Der Krystall erscheint in der Richtung einer Nebenaxe verkürzt und infolgedessen plattgedrückt, wodurch die einzelnen Flächen stark verzerrt sind. Die gerundeten Polkanten von r lassen undeutlich eine Zuschärfung durch ein sehr flaches Skalenoëder erkennen.

Krystall XI (Fig. 5) zeigt einen fast modellartig ausgebildeten herzförmigen Zwilling nach $f\{11\bar{1}\}$. Auch dieser Krystall erhält infolge Verkürzung einer Nebenaxe ein stark plattgedrücktes Aussehen und verzerrte Flächen. Die Figur stellt eine naturgetreue Projection des Krystalles senkrecht zur Zwillingsebene vor. Die Indices der Flächen sind dieselben, wie bei Typus II. Der Krystall ist insofern noch interessant, als durch die eigenartige Ausbildung der Rhomboëderflächen die Symmetrie scheinbar noch erhöht wird. Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man glauben, daß die nach außen liegenden Flächen von r mit den nach der Zwillingsebene zugekehrten Flächen von f zusammen einer rhombischen Pyramide angehören und die nach außen liegende Rhomboëderfläche von e mit der nach innen liegenden des Grundrhomboëders ein Querdoma bilden, da die beiden letztgenannten Flächen nur als schmale Abstumpfung der anderen zu r und e gehörigen erscheinen. Die Art der Ausbildung der übrigen Formen ist aus der Figur ersichtlich. Der Krystall erreicht eine Höhe von ca. 18 mm und mißt in der Breite ca. 17 mm und in der Dicke ca. 4 mm.

Schlußbetrachtung.

Um das Ergebnis meiner Untersuchung kurz zusammenzufassen, läßt sich im allgemeinen über die beobachteten Formen sagen, daß sie in ihrer relativen Größe an den einzelnen Krystallen sehr schwanken und es ist keine Fläche an allen Krystallen gleichmäßig entwickelt. Es ist dies umsomehr zu verwundern, da die Krystalle doch ausnahmslos vom selben Fundort stammen und sogar auf einem ziemlich engbegrenzten Raume gesammelt wurden. Daraus, sowie aus den mehrfach beobachteten Übereinanderwachsungen verschiedener Individuen kann man schließen, daß die Bildung in mehrfach unterbrochenen Perioden erfolgte.

Zu den Flächen, die durch Ätzung entstanden sind, dürfen wohl ohne Zweifel das Skalenoëder $\varrho,$ und das Rhomboëder $g,$ gerechnet werden. Ob das Skalenoëder $B,,$ sein Vorhandensein derselben Entstehung verdankt, äßt sich mit Bestimmtheit nicht sagen. Zweifellos dürfen aber die Flächen $S,,$

x und *B*, unter den von mir als neu bestimmten Formen zu den selbständig auftretenden und als sicher nachgewiesen gezählt werden.

Bezüglich der Ätzwirkung läßt sich sagen, daß die Flächen von *r* und *e* den geringsten Widerstand leisten; an zweiter Stelle wären alle Skalenoëder mit Ausnahme von *Ω* und *S*, zu nennen; am wenigsten werden die letztgenannten Skalenoëder und die Rhomboëder *f* und *d* von diesen Auflösungsvorgängen ergriffen.

Zwillinge nach *r* scheinen häufiger vorzukommen, wenigstens konnte ich deren drei unter dem gesammelten Material ausfindig machen. Hingegen dürfte der unter Krystall XI beschriebene Zwilling nach *f* zu den Seltenheiten des dortigen Fundortes gehören.

Winkeltabelle.

Axenverhältnis: $a : c = 1 : 0,8543$.

Bezeichnung d. Kanten	Mittl. gem. Kante	Maximum	Minimum	Anzahl der gem. Krystalle
$\{81.46.\overline{79}\} : \{46.81.\overline{79}\}$	22° 50′	23° 28′	22° 30′	5
$\{81.46.\overline{79}\} : \{81.\overline{79}.46\}$	89 20	89 44	88 52	5
$\{97.58.\overline{92}\} : \{58.97.\overline{92}\}$	20 48	20 50	20 45	1
$\{97.58.\overline{92}\} : \{97.\overline{92}.58\}$	89 32	89 30	89 39	2
$\{41.\ 9.\overline{15}\} : \{41.\overline{15}.\ 9\}$	19 31	19 36	19 26	1
$\{41.\ 9.\overline{15}\} : \{\ 9.14.\overline{15}\}$	56 17	—	—	1
$\{21\bar{2}\} : \{12\bar{2}\}$	26 24 30″	26 24	26 20	2
$\{21\bar{2}\} : \{2\bar{2}1\}$	87 47 30	87 38	88 17	2
$\{23.14.\overline{22}\} : \{14.23.\overline{22}\}$	21 15	21 40	20 50	2
$\{23.14.\overline{22}\} : \{23.\overline{22}.14\}$	89 50	91 7	89 32	2
$\{11\bar{1}\} : \{66\bar{7}\}$	5 52 30	6 13	5 32	1
$\{00\bar{1}\} : \{77\bar{8}\}$	68 10	68 63	67 42	1
$\{100\} : \{11\bar{3}\}$	30 50	—	—	1
$\{60\bar{5}\} : \{06\bar{5}\}$	65 39	65 45 30″	65 33	1
$\{60\bar{5}\} : \{6\bar{5}0\}$	53 30	54 3	53 5	2
$\{15.\ 3.\overline{17}\} : \{\ 3.15.\overline{17}\}$	43 36	—	—	1

Zusammenstellung aller am Calcit von Stromberg beobachteten Formen.

a) Rhomboëder:

	Bezeichnung	Miller	Naumann	Bravais-Miller
1.	*M*	$11\bar{3}$	$+ 4R$	$40\bar{4}1$
2.	*r*	100	$+ R$	$10\bar{1}1$
3.	*e*	110	$- \frac{1}{2}R$	$01\bar{1}2$
4.	*f*	$11\bar{1}$	$- 2R$	$02\bar{2}1$
5.	*g*	$77\bar{8}$	$- \frac{5}{2}R$	$05\bar{5}2$
6.	*g,*	$66\bar{7}$	$- \frac{13}{5}R$	$0.13.\overline{13}.5$*
7.	*d*	$33\bar{5}$	$- 8R$	$08\bar{8}1$

b) Skalenoëder:

	Bezeichnung	Miller	Naumann	Bravais-Miller
8.	$\varrho_{,}$	$41.9.\overline{15}$	$+\frac{8}{35}R7$	$32.24.\overline{56}.35$*
9.	Ω	$60\overline{5}$	$+R11$	$6.5.\overline{11}.1$
10.	B	$53\overline{5}$	$-2R\frac{5}{3}$	$2.8.\overline{10}.3$
11.	$B_{,,}$	$97.58.\overline{92}$	$-\frac{37}{21}R\frac{63}{37}$	$13.50.\overline{63}.21$*
12.	$B_{,}$	$23.14.\overline{22}$	$-\frac{9}{5}R\frac{5}{3}$	$3.12.\overline{15}.5$*
13.	$x_{,}$	$81.46.\overline{79}$	$-\frac{15}{8}R\frac{16}{9}$	$35.125.\overline{160}.48$*
14.	x	$21\overline{2}$	$-2R2$	$1.3.\overline{4}.1$
15.	$S_{,}$	$15.3.\overline{17}$	$-8R4$	$12.20.\overline{32}.1$*

Die mit * bezeichneten Formen sind neu.

Zum Schlusse spreche ich noch Herrn Prof. Bücking, der mir in liebenswürdiger Weise gestattete, die Messungen im mineralogischen Institut der Universität Straßburg auszuführen, meinen besten Dank aus.

XXV. Auszüge.

---

1. G. Lincio (in Turin): **Über einige Mineralien von der Alpe Veglia** (Atti R. Accad. Scienze di Torino **1910**, **45**, **484**—**492**).

In der Nähe des vom Verf. beschriebenen Rutilvorkommens an der Alpe Veglia (diese Zeitschr. **42**, 65), etwa 200 m höher, oberhalb des Gletschers Moticcia und an der Seite der Rebbiospitze, fand Verf. in den Lithoklasen eines grauen, quarzreichen Schiefers mit einem farblosen und einem braunen Glimmer, einige bemerkenswerte Mineralien. Verf. unterscheidet eine ältere, wichtigere Mineralbildung, zu welcher folgende Mineralien gehören: Albit, Quarz, Glimmer, Chlorit, Siderit, Kalkspat, Turmalin, Pyrit, Zinkblende, Anatas. Einer zweiten Mineralbildung gehören Kalkspat und Aragonit an.

Der Albit kommt in kleinen, milchweißen Krystallen von Periklinhabitus vor, welche 3—4 mm erreichen. Zwillinge nach dem Albit- und dem Periklingesetz. An zwei einfachen, nach c prismatischen Krystallen fand Verf. folgende Formen: $P\{001\}$, $M\{010\}$, $f\{130\}$, $T\{110\}$, $l\{1\bar{1}0\}$, $v\{4\bar{5}0\}$, $z\{1\bar{3}0\}$, $n\{0\bar{2}1\}$, $y\{\bar{2}01\}$, $p\{\bar{1}11\}$, $o\{\bar{1}\bar{1}1\}$, $x\{665\}$, $\lambda\{\bar{3}\bar{3}2\}$. P, M, T, l, n besitzen die größten Flächen.

Die Quarzkrystalle mit den Formen $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{22\bar{1}\}$ und einigen treppenförmig ausgebildeten, sehr spitzen Rhomboëdern, welche mit anderen stumpferen abwechseln, zeigen einen Habitus, welcher jenem des Quarzes ähnlich ist, welcher den Rutil an der Alpe Veglia begleitet.

Der Glimmer, welchen man als Muscovit betrachten kann, bildet farblose oder schwach grünliche, hexagonale Blättchen. Es handelt sich um einen Glimmer erster Ordnung, mit großem $2E$ und $\varrho > v$. Der Chlorit kommt in Knöpfchen, in gedrehten, prismatischen Aggregaten und in deutlich zweiaxigen, hexagonalen Täfelchen vor.

Der Siderit ist fast vollkommen in Limonit umgewandelt. Sehr selten sind kleine, oberflächlich bräunlichrote, im Inneren farblose Krystalle, welche zur Gruppe Magnesit-Breunnerit gehören. Sie zeigen die Formen $c\{111\}$ und $r\{100\}$: $cr = 42^0\,47'$. Der Calcit bildet rhomboëdrische Krystalle $e\{110\}$, welche selbst mehrere Centimeter erreichen.

Der Turmalin erfüllt kleine Klüfte, meist in schwarzen, undurchsichtigen Nädelchen, aber auch in braunen, nach der Polaraxe verlängerten, durchsichtigen Krystallen, an welchen Verf. die Formen $r\{100\}$ und $o\{11\bar{1}\}$ bestimmte.

Sehr häufig ist der Pyrit; er zeigt Krystalle $\{100\}$, $\{111\}$, manchmal mit prismatischem Habitus. Sehr selten kommt dagegen die Zinkblende vor;

an einigen einfachen Krystallen mit einem Durchmesser von 1—2 mm bestimmte Verf. die Formen $d\{110\}$, $c\{001\}$, $p\{111\}$, $p'\{1\bar{1}1\}$, $v\{133\}$, $m\{113\}$, $b\{230\}$, d herrscht vor, auch b und p besitzen ziemlich große Flächen.

Der Anatas ist für den Fundort neu, aber er kommt selten vor. Er bildet Krystalle $\{111\}$ von metallischem Aussehen; manchmal ist auch $\{001\}$ anwesend. An einigen Krystallen herrscht die Basis vor; diese Krystalle zeigen abwechselnd durchsichtige, milchgelbe und undurchsichtige, metallartige Zonen. An einem dieser Krystalle fand Verf. einige sehr schmale Flächen der Formen $\{3.3.20\}$, $\{227\}$ und $\{331\}$.

Der Calcit und der Aragonit der zweiten Generation sind gewöhnlich geätzt. Die Calcitkrystalle zeigen $\{21\bar{3}1\}$; der Aragonit kommt besonders auf dem Siderit und dem Limonit in gerundeten Nädelchen vor, welche radial gestellt und hier und da zu Krusten vereinigt sind. Der Verf. hält es für wahrscheinlich, daß die Aragonitbildung von der Anwesenheit des Magnesiumsulfates als Lösungsgenossen beeinflußt wurde.

Ref.: F. Zambonini.

2. E. Baschieri (in Ravenna): **Betrachtungen über die Tschermak'sche Methode für die Bestimmungen der Kieselsäuren** (Processi verbali Soc. Toscana di Scienze Natur. in Pisa 1910, **19**, 84—87).

Verf. hat den Apophyllit von der Seiser Alp und den Datolith von Serra dei Zanchetti mit verschiedenen Säuren bestimmter Concentration zersetzt, um festzustellen, ob die Natur der angewandten Säuren auf die Zusammensetzung der nach der Tschermak'schen Methode erhaltenen Kieselsäuren einen merklichen Einfluß ausübt. Die Zersetzung geschah bei Zimmertemperatur und die Einwirkung der Säuren dauerte ca. 18 Monate. Die folgende Tabelle enthält die erhaltenen Resultate:

	HCl (Dichte 1, 2)	H_2SO_4 (Dichte 1, 2)	HNO_3 (Dichte 1, 3)
Apophyllit	12,39	12,03	11,33
	12,69	**10,01**	**10,63**
Datolith	**11,66**	12,67	13,55
			13,98

Die fettgedruckten Zahlen entsprechen den Beobachtungen, in welchen der Umwandlungspunkt offenbar überschritten war.

Der Verf. schließt aus seinen Versuchen, daß die Kieselsäuren des Apophyllits und des Datoliths eine bedeutende Stabilität besitzen. Der Verf. bemerkt ferner, daß verschiedene Forscher an demselben Mineral übereinstimmende Resultate erhalten haben, was zugunsten der Richtigkeit der Tschermak'schen Methode sprechen sollte. Ref. muß aber bemerken, daß dieses nichts beweist, weil die Versuche unter genau denselben Bedingungen ausgeführt werden und daher immer gleiche Resultate liefern müssen. Der Verf. glaubt, daß die Tschermak'schen Kieselsäuren nicht vollständig Adsorptionsverbindungen sind, aber er nimmt an, daß die letzteren eine Rolle dabei spielen.

Ref.: F. Zambonini.

3. G. d'Achiardi (in Pisa): **Pickeringit (Pikroalumogen) von der Insel Elba** (Ebenda 23—25).

Der Verf. hat eine Stufe (I.) der Sammlung der Universität Pisa, welche

als »Pikroalumogen = Roster von Vigneria« etikettiert war, und eine als Pikroalumogen aus den Elbaner Eisengruben in den letzten Jahren erhaltene Stufe (II. analysiert. Die gefundenen Resultate sind folgende:

	I.	II.	III.	IV.
H_2O	46,89	47,21	46,13	45,69
K_2O	—	—	—	0,37
MgO	5,25	5,21	4,69	8,19
Al_2O_3	10,21	10,42	11,90	9,16
SO_3	37,11	36,70	37,28	36,39
Unlösl.	0,22	0,78	—	—
	100,00	100,00	100,00	99,80

Diese Zahlen stimmen mit den für den Pickeringit $MgAl_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$ berechneten (III.) gut überein. Die analysierten Stufen gehören also zum Pickeringit, ein bis jetzt in Italien noch nicht gefundenes Mineral.

Der Verf. äußert Zweifel, daß die von Roster (Bolletino R. Comit. Geol. d'Italia 1876) an seinem Pikroalumogen erhaltenen Resultate (IV.) richtig sind; die Trennung des *Al* vom *Mg* wäre nach Verf. als ungenau anzusehen.

Der Elbaner Pickeringit bildet Krusten und beulenförmige Massen mit faseriger Structur, mit Büscheln sehr feiner Nädelchen. Die letzteren zeigen sehr hohe Interferenzfarben; eine Auslöschungsrichtung bildet einen Winkel von etwa 30^0 mit der optisch positiven Verlängerungsrichtung.

Ref.: F. Zambonini.

4. **P. Aloisi** (in Pisa): **Kassiterit aus den turmalinführenden Gängen von San Piero in Campo (Insel Elba)** (Processi Verbali Soc. Toscana Scienze Natur. in Pisa 1910, **19**, 78—83).

Die Zinnsteinkrystallgruppen kommen in den turmalinführenden Gängen des Elbaner Granits besonders auf den Orthoklaskrystallen, seltener auf dem Quarz aufgewachsen vor; ein Zwilling saß auf einem Beryllkrystall.

Die Zinnsteinkrystalle sind immer Zwillinge mit einer $\{101\}$-Fläche als Zwillingsebene; meist bestehen sie aus zwei Individuen. Sie zeigen nur $\{111\}$; an einem einzigen Zwilling war auch $\{110\}$ mit Linearflächen anwesend. Von den $\{111\}$-Flächen herrschen gewöhnlich zwei eines Individuums und zwei des anderen stark vor. Sehr häufig sind die Kanten $[10\bar{1}]$, $[0\bar{1}1]$, $[101]$, $[011]$ durch eine Reihe Kanten desselben Symbols ersetzt, welche durch Wiederholung der $\{111\}$-Flächen entstanden sind. Die $\{111\}$-Flächen sind meist sehr unvollkommen, gekrümmt oder durch zahlreiche, untereinander wenig geneigte Ebenen ersetzt.

Merkwürdiger ist eine Krystallgruppe, welche zu Gorgolinato bei St. Ilaris gesammelt wurde. Sie besteht aus drei Individuen und mißt $4 \times 3 \times 2$ mm. Das größere, centrale Individuum ist mit dem unteren nach (011), mit dem oberen nach $(\bar{1}01)$ verzwillingt. An den drei Individuen herrscht $\{111\}$ vor; jede $\{111\}$-Fläche ist in vier Facetten geteilt, von welchen zwei, leistenförmige, den Combinationskanten von $\{111\}$ näher stehen, während die zwei anderen, größeren, dreieckigen, im centralen Teil liegen. Den leistenförmigen Facetten kommt das Symbol $\{hkh\}$ zu; sie bilden mit dem dreieckigen, anliegenden Flächenteil einen Winkel von ca. 5^0. Was die dreieckigen Facetten betrifft, so beträgt der Winkel $(hkl):(khl) = 5^0 45'$.

Nach {111} ist die größte ausgebildete Form $a\{100\}$. Das Prisma $m\{110\}$ bietet sehr schmale Flächen. Neu für die Localität ist $z\{321\}$, welches kleine, glänzende Flächen zeigt. Zwischen {111} und {100} hat Verf. auch sehr schmale Flächen beobachtet, welche einer für den Zinnstein überhaupt neuen Form $l\{811\}$ gehören.

	Grenze der Mess.:	Zahl:	Mittel:	Berechnet:
(100) : (321) =	39° 24′—40° 13′	3	39° 48½′	39° 43¼′
(321) : (32$\bar{1}$)	44 46 —44 58	3	44 52	44 50⅔
(100) : (811)	12 38 —13 14	7	12 56	12 37¾

Ref.: F. Zambonini.

5. E. Manasse (in Siena): **Chloritoid (Ottrelith) aus den Apuanischen Alpen** (Atti Soc. Toscana di Scienze Natur. in Pisa, Memorie 1910, 26, 121—142).

Es ist bekannt, daß die optischen Eigenschaften des Ottreliths mit jenen des Chloritoids übereinstimmen, während die chemische Zusammensetzung beider Mineralien stark verschieden ist. Es schien dem Verf. wahrscheinlich, daß der höhere Siliciumgehalt des Ottreliths nur dem Quarz zuzuschreiben wäre, welcher bekanntlich den Ottrelith begleitet; er hat seine Ansicht an den apuanischen Ottrelithen geprüft und gefunden, daß sie wirklich die Zusammensetzung des Chloritoid besitzen.

Die apuanischen Schiefer, welche den sogenannten Ottrelith enthalten, bestehen aus Sericit, Quarz, Rutil, Turmalin, Chlorit, Epidot usw. und stellen alte, stark metamorphosierte Sedimente dar. Diese Schiefer sind manchmal den Ottrelithschiefern aus den Ardennen sehr ähnlich; an ihnen herrscht der Sericit gegenüber dem Quarz vor. Wo der Metamorphismus stärker einwirkte, erhalten die Gesteine ein glimmerschieferähnliches Aussehen, und es gibt auch Varietäten, an welchen der Quarz über den Glimmer vorherrscht (sericitführende Quarzschiefer). Seltener kommt der Ottrelith in einer Varietät des sogenannten apuanischen Mischio vor, in welchem verschieden gefärbte Marmorstücke mit wachs- und zuckerähnlichem Aussehen durch den Phyllitottrelithschiefer cementiert sind.

Die Ottrelithschiefer sind besonders in dem südlichen und westlichen Teil der apuanischen Gegend verbreitet; sie finden sich spärlicher im Liegenden der Marmorzone und mit größerer Entwickelung über die Marmorformation, von welcher sie durch graue Kalksteine mit Pflasterstructur, Kalke mit Kieselknoten und Cipolin getrennt sind. Nach Zaccagua gehören diese Ottrelithschiefer dem obersten Teil des Keupers an.

Die mikroskopischen Eigenschaften des apuanischen Ottreliths sind die bekannten. Für den Pleochroismus fand Verf. $\mathfrak{a}$ = olivengrün, $\mathfrak{b}$ = blau, $\mathfrak{c}$ = hell grünlichgelb, also genau wie am Chloritoid, während A. d'Achiardi $\mathfrak{a}$ = blau, $\mathfrak{b}$ = olivengrün, $\mathfrak{c}$ = gelbgrün gefunden hatte. Die optische Axenebene ist (010) nahezu parallel; $2E$ ist sehr groß, die Doppelbrechung positiv. β ist wenig kleiner als 1,74.

Der apuanische Ottrelith enthält sehr feine und unregelmäßig verbreitete Einschlüsse, welche aus Rutilnädelchen, Magnetit- oder Ilmenitkörnern, Quarz, Epidot- und Turmalinprismen bestehen. Seltener sind Gaseinschlüsse, und vielleicht gibt es auch solche kohliger Natur. Ihre Menge ist sehr wechselnd. Gewöhnlich ist der apuanische Ottrelith vollkommen frisch, manchmal zeigt er einen Limonitrand und nur die kleinsten Blättchen sind bisweilen trübe, weil

sie ein rötlichgelbes Pigment enthalten, welches aus ihrer Umwandlung entstanden und wahrscheinlich eisenhaltig ist.

Härte ca. 6. Spec. Gewicht 3,44 (Ottrelith von Stazzema), 3,51 (Ottrelith von Camporaghena), 3,56 (Ottrelith vom Berge Cocchia). Vor dem Lötrohre schmilzt das Mineral gar nicht oder nur ein wenig an den Kanten. Das Pulver wird von conc. H_2SO_4 vollkommen zersetzt, schneller wenn eine kleine Wassermenge der Säure hinzugefügt wird. Der Verf. hat drei sehr sorgfältig gereinigte apuanische Ottrelithe analysiert.

Unter I. ist die Zusammensetzung des Ottreliths aus dem Mischio von Stazzema, unter II. jene des Ottreliths von Camporaghena bei Fivizzano, unter III. jene des Ottreliths vom Berge Cocchia wiedergegeben. Die zwei letzteren Ottrelithe wurden aus dem sogenannten Ottrelithophyr isoliert.

	I.	II.	III.
H_2O	7,16	7,03	7,28
SiO_2	24,37	26,07	25,36
Al_2O_3	37,03	37,01	38,99
Fe_2O_3	5,36	3,97	2,54
FeO	21,91	24,76	23,06
MnO	0,52	Spur	Spur
CaO	0,16	0,12	0,24
MgO	4,32	1,90	3,16
TiO_2	Spur	Spur	Spur
	100,83	100,86	100,63

Alle drei Analysen führen zur typischen Formel des Chloritoids $H_2\overset{II}{R}\overset{III}{R_2}SiO_7$, sodaß die Identität des apuanischen Ottreliths mit dem Chloritoid keinem Zweifel unterliegt. Der Verf. behält sich vor, weitere Mineralien der Chloritoidgruppe zu analysieren, um festzustellen, ob sie ebenfalls die chemische Zusammensetzung des Chloritoids besitzen oder nicht.

Ref.: F. Zambonini.

6. F. Mauro (in Monza?): **Die Mineralien des Malencotales (Veltlin)** (Bollettino Club Alpino Italiano 1910, **40**, Sep.).

Der Verf. gibt in vorliegender Abhandlung eine kurze Beschreibung der wichtigsten Mineralvorkommen des Malencotales. Wir werden einige Notizen wiedergeben.

Am Colle del Muretto, in den Gesteinsstücken, welche dessen Fußschrotter bilden, finden sich ziemlich gute Krystalle von Granat, Epidot und dunkelgrünem Pyroxen. Curioni und Jervis erwähnen auch Mangansilicat und -carbonat, aber deren Vorkommen ist nach dem Verf. sehr fraglich.

In den Serpentinen des Mallerotales oberhalb Chiesa, etwas oberhalb der Schiefersteinbrüche, kommen Krystalle von Magnetit, Titanolivin und Pennin vor, welche sich nicht selten auch an anderen Localitäten des Tales finden. Auf einer Bruchfläche eines Magnetitkrystalles hat Verf. etwas Limonit, einige Malachitflecke und eine glänzende Haut von gediegenem Kupfer, einem vom Verf. zum ersten Male im Malencotale gefundenen Mineral, beobachtet. Der genaue Fundort des von Strüver (diese Zeitschr. 5, 603) beschriebenen Perowskit ist die Laguzuolo-Alp, am rechten Ufer des Malleroflusses, an den Abhängen des Monte Senevedo.

An der Pirlo-Alp, oberhalb Chiesa, wird ein vortrefflicher Topfstein gewonnen, welcher gut ausgebildete Magnetitoktaëder (bis 1 cm groß), tafelige Pyritkrystalle mit Kupferkies, sowie große Apatit- und Titanitkrystalle enthält. Die Titanitkrystalle sind flächenarm, sie erreichen bis 3 cm Länge und zeigen eine von gelb bis grün wechselnde Farbe. Der Verf. hat auch schöne, braune Vesuviankryställchen gefunden; der Vesuvian ist für das Malencotal neu. Von der Pirlo-Alp stammen auch schöne, grüne Epidotkrystalle, welche zwischen den Byssolithfasern vorkommen. Man vergl. ferner Ref. Nr. 9, S. 305.

Oberhalb dem Palù-See finden sich große Magnetitkrystalle; der Führer E. Schenatti besitzt einen solchen von 5 cm Durchmesser.

In der Nähe des Dorfes Torre Santa Maria hat L. Magistretti im erratischen Glimmerschiefer bis 1 cm große Adularkrystalle gefunden, welche zum Teil von Chlorit bedeckt und von Quarz begleitet sind.

Ref.: F. Zambonini.

7. A. Piutti (in Neapel): **Untersuchungen über das Helium. I. Das Helium in der Luft Neapels und am Vesuv** (Gazzetta chimica ital. 1910, **40**, I, 435—476).

Derselbe: II. Nicht radioactive Mineralien, welche Helium enthalten (Ebenda 476—488).

Der Verf. hat unter Anwendung einer neuen und empfindlichen Methode ausgedehnte Versuche über die Verbreitung des Heliums unternommen. Wir werden hier nur über die Resultate referieren, welche für die Mineralogie Interesse bieten.

Das Helium in den Zirkonen. Verf. hat zahlreiche Zirkonvarietäten auf einen Heliumgehalt untersucht; er hat auch die Dichte und die Radioactivität bestimmt.

In der folgenden Tabelle sind die Zirkone nach abnehmendem Kaliumgehalt eingereiht; die Heliummengen wurden nicht quantitativ bestimmt, sondern nur approximativ aus dem Vergleich der Spectra geschätzt.

Vorkommen:	Dichte $D^{15^0}_{4^0}$	Radioactivität (auf ein gleiches Gewicht von UO_2 bezogen):
Ceylon	4,048	$10^{-3} \times 53,1$
Beccarit von Saffragan	4,206	25,5
Henderson Co.	4,556	44,9
Connecticut	4,499	23,5
Madagascar	4,740	11,5
Eganville	4,414	4,13
Renfrew	4,676	1,02
Expailly (grünliche Krystalle)	4,219	6,37
Grönland	4,578	6,11
Caldas	4,497	8,3
Brevig	4,562	3,41
Miask	4,565	3,16
Novale	4,695	0,74
Lonedo (braunrote Krystalle)	4,658	0,34
Vesuv	4,416	92,6

Vorkommen:	Dichte $D_{4^0}^{15^0}$	Radioactivität (auf ein gleiches Gewicht von UO_2 bezogen):
Tasmanien	4,649	$10^{-3} \times 0,51$
Lonedo (gelbliche Krystalle)	4,657	0,64
Diego Suarez	4,596	1,94
Expailly (rote Krystalle)	4,609	2,68

Der Verf. bemerkt, daß keine sichere Beziehung zwischen Heliummenge, Dichte und Radioactivität besteht.

Nicht radioactive Mineralien, welche Helium enthalten. Verf. hat gefunden, daß der Elbaner Castor, obwohl sehr schwach radioactiv, doch *He* enthält. Die Fortsetzung der Versuche hat festgestellt, daß es sehr schwach radioactive und selbst nicht radioactive Mineralien gibt, welche heliumhaltig sind. Ein Mineral wird vom Verf. als nicht radioactiv betrachtet, wenn seine Radioactivität kleiner ist als $0,1 \times 10^{-3}$.

Folgende schwach radioactive Mineralien sind nach Verf. heliumhaltig:

	Radioactivität:
Grünlicher Turmalin, Maharitra	$10^{-3} \times 4,12$
Castor, Elba	1,9
Turmalin, Diamantina	1,04
Spodumen, Minas Geraës	0,91
Grünlicher Beryll, Elba, San Piero in Campo	0,66
» Turmalin, Ambohimanarivo	0,5
Turmalin, Col de Girabal (Ariège)	0,46
Castor, Elba	0,4
Schwarzer Turmalin, Pierrepont	0,4
» » Haddam	0,36
Pollux, Hebron, Maine	0,298
» Auburn, Maine	0,298
Turmalin, Minas Geraës	0,29
» Antsirabé	0,28
» (Rubellit), Pala	0,21
Rosafarb. Turmalin, Ambohimanarivo	0,203
Pollux, San Piero in Campo, Elba	0,2
Kunzit, Pala	0,2
Lepidolith, Hebron, Maine	0,18
Rosafarb. Turmalin, Elba	0,17
Albit, Maharitra	0,156

Endlich hat Verf. die Anwesenheit des Heliums in folgenden nicht radioactiven Mineralien constatiert: Castor von San Piero in Campo; rosafarbiger Beryll von San Piero in Campo; verschieden gefärbte Turmaline der Insel Elba; Turmalin von Saint Béat (Haute Garonne), von Ourvault (Loire Inf.), von Castailhac (Aveyron), vom Zillertal, vom Zwasiland, von Pierrepont, Gouverneur, Maharitra, Betafo und Umgebung, Ambohimanarivo.

Ref.: F. Zambonini.

8. J. H. Collins (in Par, Cornwall): **Über die Carpalla-Kaolin-Grube im Kirchspiel St. Stephens, Cornwall** (Quart. Journ. Geol. Soc. London 1909, 65, 155—159).

Wegen des dortigen Vorkommens von Kaolingestein unter einem 15 m mächtigen Lager von Turmalinschiefer ist es unmöglich, daß jenes durch Verwitterung des Granites entstanden sein kann. Weil der Kaolin von Turmalin und oft auch von Flußspath, Lepidolith, Gilbertit und Topas begleitet ist, so schließt der Verf., daß er durch Wirkung von Fluor, Bor und Chlor enthaltenden, aus dem Granit aufsteigenden sauren Lösungen bezw. Dämpfen gebildet wurde, während Kohlensäure keine wesentliche Rolle bei diesem Processe spielte.

Ref.: H. L. Bowman.

9. A. M. Finlayson (in London): **Über den Nephrit und die magnesiareichen Gesteine von Neu-Seeland** (Ebenda 351—379).

Gelegentlich einer Beschreibung der verschiedenen Vorkommen von intrusiven Peridotit-Gesteinen auf der Süd-Insel, Neu-Seeland, gibt der Verf. folgende Analysen an:

I. Tiefgrüne bis schwarze Turmalinkrystalle, aus Chloritschiefer, am Contact mit einem intrusiven Talk-Serpentin-Gestein, am Parapara-Fluß, unweit Collingwood:

SiO_2 36,80, B_2O_3 10,41, Al_2O_3 25,37, Fe_2O_3 0,13, FeO 6,12, CaO 2,31, MgO 12,91, Na_2O 1,20, K_2O 0,45, Li_2O (Spur), H_2O 3,95, F (Spur); Summe = 99,65.

II. Blaßgelber bis farbloser Epidot, aus einem Epidot-Gestein am Contact des Peridotits von Dun Mt. (bei Nelson) mit Kalk:

SiO_2 42,45, Al_2O_3 23,27, Fe_2O_3 7,91, FeO 1,22, CaO 21,52, MgO 1,45, H_2O 2,62; Summe = 100,44.

Der Awaruit stammt aus den Olivin-Enstatit-Peridotiten der Olivine- und Red-Hill-Gebirgszüge im nördlichen Otago.

Der Bowenit (»Tangiwai« der Maoris) bildet unregelmäßige Gänge im Talk-Gestein zu Anita Bay, Milford Sound (im nordwestlichen Otago). Meergrün bis olivengrün; schuppig-schieferig. Härte (nach der Schieferung) 3—4, (quer dazu) $4\frac{1}{2}$, auf einer polierten Fläche bis 6. Der B. besteht aus einem filzartigen Gewebe von äußerst feinen, stark gefalteten, optisch negativen Serpentinfasern und zeigt nicht Antigoritstructur wie der B. von Afghanistan. Er ist scheinbar durch Umwandlung von Talk in Serpentin unter hohem Druck entstanden, wobei später das überschüssige MgO etwas $MgCO_3$ lieferte.

Der Nephrit wurde zuerst nur in Flußseifen und Glacialablagerungen aufgefunden. Im Griffin-Gebirge, unweit Hokitika, bildet er Knollen und Gänge in einem Serpentin-Talk-Calcit-Gestein, welches aus peridotitischen Intrusionen entstanden ist. Dichte 2,95—3,05 (für reines Material 3,00—3,04). Härte (auf polierten Flächen) 6,5, auf Bruchflächen 4,5—6. Bruch entweder hornartig (mit verfilzten Fasern) oder schieferig (mit parallelen Fasern). Farbe verschieden: gewöhnlich (1) tiefgrün (= Kawakawa) (oft stark durchscheinend); seltener (2) undurchsichtig weiß oder grau (Inanga), (3) blaßgrün durchscheinend (Kahurangi), (4) undurchsichtig grün (Auhunga), (5) grün mit roten Flecken (Totoweka), (6) olivengrün mit Schlieren (Raukaraka).

Analysen:

	I Tiefgrün	II Mittelgrün	III Olivengrün	IV Blaßgrün	V Grünlichweiß
SiO_2	56,25	56,01	55,89	57,45	58,28
Al_2O_3	0,42	0,65	2,34	1,09	0,88
Fe_2O_3	1,67	1,88	2,39	0,24	0,29
FeO	5,61	5,02	2,34	1,35	0,35
MgO	20,55	20,65	18,72	20,61	22,08
CaO	12,67	13,41	13,97	15,41	14,98
Na_2O	0,35	0,45	0,51	—	0,42
K_2O	—	0,28	—	0,51	0,38
H_2O	1,89	2,03	2,21	2,65	1,98
MnO	0,33	0,29	0,41	0,28	Spur
	99,74	100,67	98,78	99,59	99,64

Im Dünnschliff zeigen die Fasern eine Auslöschungsschiefe von 0^0—20^0. Epidot, Magnetit, und zuweilen Chromit und Picotit, treten als accessorische Gemengteile auf.

Die Bildungsweise des Nephrits ist wahrscheinlich an den verschiedenen Fundorten eine verschiedene gewesen. Neben der Bildung (1) durch Uralitisierung von Pyroxen und (2) durch Aufnahme von CaO am Contact zwischen Serpentin bezw. Peridotit und Kalk, hat der Verf. Anzeichen gefunden (3) einer directen Umwandlung von Olivin in Nephrit durch Absorption von CaO und SiO_2, sowie auch wahrscheinlich (4) einer Bildung durch die Metamorphose von Serpentin-Talk-Carbonat-Gesteinen in großer Tiefe. Die hohe Zähigkeit des Nephrits hängt ab von der krummfaserigen, filzartigen Structur, wozu eine Bewegung unter sehr hohem Druck bei der Bildung des Minerals erforderlich war.

Ref.: H. L. Bowman.

10. A. M. Finlayson (in London): **Probleme betreffend die Erzablagerungen auf den Blei- und Zinkerzgängen Großbritanniens** (Quart. Journ. Geol. Soc. 1910, **66**, 299—327).

Analysen des Nebengesteins der Blei- und Zinkgänge verschiedener Localitäten deuten darauf hin, daß die Erze sowie der Flußspath und der Baryt aus tiefliegenden eruptiven Gesteinsmassen stammen und nicht durch Lateralsecretion von dem Nebengestein des Ganges herrühren, und zwar sowohl in Kalken als in den älteren Schiefern und Graniten, mit Ausnahme von einigen wenigen Lagerstätten (»Flats« und »Pipes«) im Carbonkalk von Derbyshire, wo wahrscheinlich eine secundäre Umbildung stattgefunden hat.

Die Metalle dürften gelöst, in Form von Bicarbonaten bezw. (wahrscheinlicher) von Sulfiden in alkali-sulfidischer Lösung, emporgeführt worden sein. Das Baryum wurde wahrscheinlich als Bicarbonat zugeführt und dann erst mittels der durch Oxydation der Sulfide entstandenen Schwefelsäure gefällt. Als Überbringer dienten in Schiefer- oder granitischen Gesteinen »juvenile« Quellen, während im Kalk die Erze eine vielfache Umlagerung durch meteorische Wasser erlitten haben müssen. Beim Flußspath rührt das Calcium meist aus dem Nebengestein her. Unter den Gangarten ist Kupferkies die älteste, worauf der Reihe nach Flußspath, Zinkblende, Bleiglanz und Pyrit gebildet wurden. Das Nebengestein hat auf die Erzbildung einen Einfluß ausgeübt in erster Linie durch seine physikalische Beschaffenheit, zum Teil aber auch durch die chemische Zu-

sammensetzung, und zwar sind Kalk und Dolomit die günstigsten Nebengesteine für die Bildung von Blei- und Zinkerzen.

Versuche mit verschiedenen gepulverten Gesteinen usw. (und zwar mit Kaolin, Kalken, Dolomit, Kalkspath, Kohlenschiefer, Retortenkohle und festem Paraffin), wobei das Pulver mit Bleinitrat bezw. Zinksulfat-Lösung geschüttelt und 4—5 Tage stehen gelassen wurde, zeigten, daß das Metall stets mehr oder weniger (9—92 %) präcipitiert wurde. Der Kaolin wurde dabei am wenigsten, die Carbonate am meisten wirksam gefunden. Das Blei wurde stets leichter als das Zink gefällt.

Ref.: H. L. Bowman.

11. A. M. Finlayson (in London): **Über die Metallogenesis der Britischen Inseln** (Quart. Journ. Geol. Soc. 1910, **66**, 281—295).

Der Verf. erörtert das Alter der verschiedenen Gruppen von Erzlagerstätten auf den Britischen Inseln und die Abhängigkeit derselben von den wichtigsten Krustenbewegungen und eruptiven Intrusionen.

Unter präcambrischen Lagerstätten wird erwähnt die eigentümliche Ausscheidung von zinnhaltigem Magnetit (mit 17 % SnO_2) in einem Granitgneiß zu Carn Chuinneag (Rossshire). Die wichtigsten Erzlagerstätten des schottischen Hochlandes hängen mit den (postsilurischen) »Caledonischen« Faltungen und Intrusionen granitischer Gesteine, sowie gewisser Pegmatite des Seengebietes Cumberlands und Pyritmassen in der Grafschaft Wicklow und auf Anglesey zusammen. Die meisten Lagerstätten von England, Wales, Südschottland und dem Hauptteil von Irland werden der (postcarbonischen) Hercynischen Periode zugerechnet. Diese ist die wichtigste Gruppe von Lagerstätten auf den Britischen Inseln und umschließt in der südlichen (Armoricanischen) Provinz die Kupfer-Blei-Zink-Gänge in Südirland und die Zinn-Kupfer- und Blei-Zink-Gänge Cornwalls, ferner in der nördlichen Provinz die Blei-Zink-Gänge Südschottlands, des Seengebietes, der Insel Man und des nordöstlichen Irlands, die Blei-Kupfer-Zink-Gänge von West- und Nordwestirland, Nord- und Mittelwales, Anglesey und Südostirland, die Silber- und zeolithischen Kupferlagerstätten Mittelschottlands, die Blei-Zink-Erze der Penninischen Kette, Nordostwales und Mittelirlands.

Den tertiären Eruptionen entsprechen keine Erzlagerstätten.

In den Hercynischen Lagerstätten hat der Verf. drei verschiedene Zonen von verschiedener Teufe erkannt, und zwar eine unterste mit Zinn, Wolfram und etwas Kupfer, eine mittlere mit Kupfer, Gold und etwas Blei und Zink, und eine oberste mit hauptsächlich Blei und Zink.

Das auf wenige Stellen beschränkte Vorkommen gewisser Erze (z. B. Gold- und Silber-Cobalt-Erze) ist einem Zusammenhang zwischen diesen und der petrographischen Provinz des Mutter-Magmas zuzuschreiben.

Ref.: H. L. Bowman.

12. F. H. Hatch und R. H. Rastall (in Cambridge): **Entdolomitisierung im Marmor von Port Shepstone (Natal)** (Ebenda 507—522).

Ein Knollen von Alkali-Granit, welcher als Einschluß im Dolomit auftritt und mit diesem durch eine jüngere granitische Intrusion metamorphosiert wurde, zeigt einen dreifachen Saum von Contactmineralien. Der Knollen besteht aus Quarz, Perthit, Ägirinaugit und wenig Plagioklas; im Saum treten folgende Mineralien auf: 1) (innerste Zone) tiefbrauner Phlogopit mit Einschlüssen von

Magnetkies, Olivin und Spinell (die beiden letzteren durch Magnetit geschwärzt); 2) hellerer Phlogopit, blaßbrauner Forsterit und secundärer Calcit; 3) (äußerste Zone) Ophicalcit.

An anderen Stellen hat die Reaction zwischen dem Dolomit und Einsprenglingen von Silikatgesteinen verschiedene Contactmineralien erzeugt; wie z. B. 1) einen Knollen aus Oligoklas, umgeben von Diopsid, Skapolith und (nach außen) Phlogopit, 2) eine Masse von grobkörnigem Calcit mit eingesprengten Rutilkörnern und Spinellkrystallen, umgeben von Forsterit.

Aus dem Fehlen von Brucit und Periklas schließen die Verff., daß die Metamorphose unter hohem Druck (wodurch das Entweichen des CO_2 verhindert wurde), bei hoher Temperatur und unter Anwesenheit von Wasserdampf stattgefunden hat. Unter diesen Umständen haben die Tonerdesilikate der Einsprenglinge eine Entdolomitisierung veranlaßt, wodurch Spinell, Forsterit, Phlogopit und ein Rest von Calcit entstanden sind.

Ref.: H. L. Bowman.

13. F. P. Mennell (in Bulawayo?): **Pleochroïtische Höfe** (Geol. Mag. 1910, 7, 15—19).

Pleochroïtische Höfe sind vom Verf. in Biotit, Augit, Hornblende, Muscovit, Chlorit, Turmalin, Cordierit, Staurolith und Andalusit beobachtet worden, und zwar um Zirkon, Titanit, Apatit, Orthit und Epidot. Der Zirkon kann jedoch auch ohne Hof erscheinen (sogar in Biotit) — besonders in größeren Krystallen. Um Apatit und Epidot sind die Höfe blaß oder fehlen; um Titanit sind sie sehr selten. Der Umriß hängt von dem des Kernes ab, um welchen sie einen gleichförmigen Saum von fast constanter Breite bilden. Nach zahlreichen Messungen lag die Breite zwischen folgenden Grenzen: um Zirkon 0,03—0,04 mm (einmal 0,02 mm), um Apatit 0,02—0,03, um Orthit 0,03—0,04, um Epidot 0,025—0,03. Die Zahlen stimmen gut mit der Joly'schen Annahme, daß die Höfe durch die α-Strahlen von Radiumverbindungen erzeugt werden, überein. Die Annahme wird dadurch bestätigt, daß in radioactiven Mineralien Höfe niemals beobachtet werden (z. B. um Zirkon in Orthit). Wo das im Hofe liegende Mineral gewöhnlich keine radioactiven Bestandteile besitzt (wie Apatit), ist der Hof vielleicht einem kleinen, darin enthaltenen, radioactiven Einschlusse zuzuschreiben.

Ref.: H. L. Bowman.

14. A. M. Finlayson (in London): **Die erzführenden Pegmatite von Carrock Fell (Cumberland) und die genetische Bedeutung von Wolframerzen** (Ebenda 19—28).

Die Wolframerze von Carrock Fell (Wolframit und Scheelit) kommen in Quarzgängen in einem Greisen vor, welch letztere eine saure Modification des Skiddaw-Granites darstellt. Die Gänge führen auch Apatit, Glimmer, Arsenkies und zuweilen Molybdänglanz, sowie kleine Mengen von Tungstit und Molybdit. Gediegen Wismuth, Bismutin und Grünlingit sind auch in demselben Gebiet gefunden worden. Pneumatolytische Mineralien fehlen.

Analysen:

Apatit (blaßgelbe bis grüne Prismen): CaO 54,11, P_2O_5 40,56, F 2,98, C 0,66, Al_2O_3 0,87, Fe_2O_3 1,05, MgO 0,24; Summe 100,47.

Wolframit: WO_3 76,24, FeO 16,39, MnO 6,05, CaO 1,05, MgO 0,11; Summe 99,84.

Die Quarzgänge sind scheinbar pegmatitische Intrusionen, in welchen der Quarz und Wolframit gleichzeitig (bezw. der Wolframit zuerst) entstanden sind, während der Arsenkies und Scheelit secundären (also metasomatischen) Ursprunges sind. Neben den pegmatitischen Wolframitgängen kommen auch jüngere (postcarbonische) Blei-Quarz-Spaltengänge vor, in welchen an zwei Stellen Wulfenit und Stolzit gefunden worden sein sollen, was auf eine Verwandtschaft mit den Wolframitgängen hindeutet.

Wolframerze können auf verschiedene Weise vorkommen: 1) als ursprüngliche Bestandteile eines Granites (wie zu Chesterfield, Massachusetts); 2) in Pegmatit, und zwar a) ohne Turmalin (wie am Carrock Fell), b) in der Paragenesis Wolframit-Zinnerz-Turmalin (wie in den südlichen Black Hills, South Dakota), c) mit Sulfiden (wie zu Sadisdorf bei Altenberg); 3) in pneumatolytischen Gängen mit Zinnerz und Turmalin (wie in Cornwall); 4) in Contactlagerstätten (wie zu Trumbull, Connecticut, und Pitkäranta in Finland; 5) in gewöhnlichen Spaltengängen (wie in Quebec usw.).

Ref.: H. L. Bowman.

15. R. M. Deeley (in ?): **Die Zeichnungen auf Gletscher-Körnern** (Geol. Mag. 1910, 7, 112—114).

Derselbe. Die Structur der Gletscher (Ebenda 433—436).

Abgüsse der gestreiften Eiskörner in der oberen Höhle des Rhonegletschers zeigen im Vergleiche mit den durch eine Brennlinse in denselben erzeugten Schmelzfiguren, daß die Streifung senkrecht zur optischen Axe verläuft und daß die Oberflächen der verschiedenen Körner in einem verschiedenen Niveau liegen. Diese beiden Erscheinungen sind nach Ansicht des Verfs. durch die Verdunstung an der Oberfläche gespannter, von Gleitebenen durchsetzter Körner hervorgerufen.

Das plastische Fließen eines Gletschers beruht teils auf einer zähen Bewegung zwischen benachbarten Körnern, teils auf einer Deformation der Körner nach den Gleitflächen, aber hauptsächlich auf einer Übertragung des Stoffes zwischen den Körnern, wobei gewisse Körner auf Kosten der anderen wachsen. Wird das Eis gespannt, so werden die größeren Körner zerkleinert; nach dem Aufhören der Spannung aber wachsen die größeren wieder auf Kosten der kleineren. (Man könnte diese Erscheinung mit der bei dem Ausglühen gespannten Metalles von Ewing und Rosenhain [diese Zeitschr. 36, 84] beobachteten Umkrystallisierung vergleichen. D. Ref.).

Ref.: H. L. Bowman.

16. W. Rosenhain (in London): **Die krystallinische Structur des Eisens bei hoher Temperatur** (Rep. Brit. Assoc. 1910, 567—9).

Die Untersuchung der Wirkung einer Spannung auf Eisenstreifen, welche in einem Vacuum auf verschiedene Temperaturen erhitzt werden, hat gezeigt: 1) daß sich das Eisen bis auf 1100° wie ein krystallinisches Aggregat verhält und durch eine Bewegung nach Gleitflächen der Spannung nachgibt, 2) daß das Eisen zwischen der gewöhnlichen Temperatur und 1000° in drei Modificationen mit sehr verschiedenen mechanischen Eigenschaften existiert und daß diese wahrscheinlich mit den Modificationen α, β und γ der Allotropietheorie von Osmond und Roberts-Austen identisch sind; 3) daß das β-Eisen, obwohl in höherer Temperatur, stärker und härter ist als α-Eisen, und daß der Übergang unter Volumenänderung stattfindet.

Ref.: H. L. Bowman.

17. A. L. du Toit (in Kapstadt): **Bericht über die Kupfer-Nickel-Erzlagerstätten der Insizwa-Kette, Mount Ayliffe, Griqualand Ost** (Report. Geol. Commission Cape of Good Hope, 1910, 111—142).

Die Erze finden sich am Contact von Olivin-Gabbro bezw. -Norit mit umgewandelten Tonschiefern und Sandsteinen der Beaufort-Schichten des Karroo-Systems, ähnlich wie zu Sudbury, Ontario. Es sind Magnetkies, Kupferkies und Pentlandit, zuweilen mit etwas Bornit und Kupfernickel; ferner ein wenig Platin (vielleicht als Sperrylith), bis 151,5 Gramm, im Durchschnitt 4 Gramm pro Tonne.

Die Erze kommen am unteren Rande des Gabbro sowie in dem darangrenzenden Hornfels vor und stellen offenbar Ausscheidungen des Magmas dar.

Die Ausscheidung der Erze erfolgte in der Reihenfolge: 1) Kupferkies, 2) Pentlandit, 3) Magnetkies, und ihre Erstarrung fand gegen Ende der Erstarrungsperiode des Gabbros statt, und zwar nach der des Olivin, Augit, Enstatit und Labrador und gleichzeitig mit der des Biotit.

Ref.: H. L. Bowman.

18. F. P. Mennell (in Bulawayo?): **Bemerkungen über einige Diamanten führende und sie begleitende Gesteine** (Rep. South African Assoc. Adv. Sci., 1908, 104—5), siehe auch »Die geologische Structur der südlichen Rhodesia« (Quart. Journ. Geol. Soc. 1910, **66**, 372—375).

Nach Ansicht des Verfs. stellen Leisten von Kalkspath aus einem sogenannten »Gang« (von unverwittertem Gestein) in dem »Blue Ground« der Kimberley-Grube Pseudomorphosen nach Melilith dar, und ist der »Blue Ground« nicht eine Breccie, sondern ein Umwandlungsproduct eines ultrabasischen, Melilith führenden Gesteins. Der Verf. hält auch die Eklogitknollen für Einschlüsse metamorpher Gesteine, wie sie anstehend zu Wankie und Tuli in Rhodesia gefunden werden, nicht aber für Ausscheidungen aus dem »Blue Ground«. Im Diamanttrichter der Kolossus-Grube am Bembezi-Fluß in Rhodesia sind die gelbbraunen Granaten aus den Eklogitknollen von dem tiefroten Pyrop des »Blue Ground« verschieden. Weder die Granaten noch die Diamanten des »Blue« können aus dem Eklogit herrühren.

Analysen von W. C. Hancock (in Cambridge): I. Pyrop aus dem »Blue Ground«, II. orangefarbener und III. rötlicher Granat aus Eklogit, IV. tiefgrüner Chromdiopsid mit deutlicher Absonderung nach (100): alle von der Kolossus-Grube:

	I	II	III	IV
SiO_2	40,43	40,44	39,87	53,93
Fe_2O_3	4,94	6,51	4,95	5,97
Al_2O_3	19,13	23,69	21,47	1,90
Cr_2O_3	2,12	0,32	0,26	0,70
FeO	8,66	11,38	8,10	2,67
MnO	0,12	0,60	0,23	—
CaO	4,44	9,86	12,32	13,11
MgO	20,33	7,72	12,89	20,08
H_2O	—	—	—	1,63
	100,17	100,52	100,09	99,99
Dichte	3,72	3,75	3,64	—

Ref.: H. L. Bowman.

19. F. Cohen (in Sidney): **Notizen über Azurit-Krystalle von Broken Hill** (Journ. Roy. Soc. New South Wales 1910, **44**, 577—583).

Es werden Krystalle von dreierlei Habitus beschrieben:

I. Nach a tafelförmige, nach der b-Axe verlängerte Krystalle (4 mm Länge) zeigen: $a\{100\}$, $\Phi\{201\}$, $c\{001\}$, $\Theta\{101\}$, $\eta\{\bar{3}02\}$, $v\{\bar{2}01\}$, $m\{110\}$, $w\{120\}$, $h\{221\}$, $l\{023\}$, $f\{011\}$, $p\{021\}$, $s\{111\}$, $u\{\bar{2}23\}$, $k\{\bar{2}21\}$.

II. Nach der b-Axe prismatische Krystalle, mit den herrschenden Formen $a\,c\,m\,h\,f$, zeigen: $a\{100\}$, $\Phi\{201\}$, $\sigma\{101\}$, $c\{001\}$, $\Theta\{\bar{1}01\}$, $\eta\{\bar{3}02\}$, $v\{\bar{2}01\}$, $m\{110\}$, $w\{120\}$, $h\{221\}$, $l\{023\}$, $f\{011\}$, $p\{021\}$, $s\{111\}$, $k\{\bar{2}21\}$, $u\{\bar{2}23\}$, $R\{\bar{2}41\}$. Ferner $A\{\bar{1}03\}$?, $D\{\bar{1}04\}$?, und vielleicht auch die neuen Formen: $\{\bar{4}.0.13\}$, $\{\bar{1}06\}$.

III. Krystalle von ähnlichem Habitus wie II, aber mit großen Flächen von $\lambda\{\bar{2}.18.3\}$, $D\{\bar{1}04\}$, ($8 \times 25 \times 9$ mm nach den Axen a, b, c): $a\{100\}$, $D\{\bar{1}04\}$, $\lambda\{\bar{2}.18.3\}$, $m\{110\}$, $\Phi\{201\}$, $\sigma\{101\}$, $c\{101\}$, $\eta\{302\}$, $\Theta\{\bar{1}01\}$, $v\{\bar{2}01\}$, $l\{023\}$, $f\{011\}$, $p\{021\}$, $h\{221\}$, $s\{111\}$, $P\{223\}$.

Axenverhältnisse, »aus den Flächen $\Phi\,\Theta\,m\,w\,h\,k\,s\,u\,P\,R\,l\,f\,p$ berechnet«:

$$a:b:c = 0{,}856085:1:0{,}885852$$

$\beta = 87^0 38'$ (Mittel aus den gemessenen Werten).

Ref.: H. L. Bowman.

20. F. E. Connah (in ?): **Über den Granatfels von Chillagoe** (**Queensland**) (Proc. Roy. Soc. Queensland 1909, **22**, 31—34).

Die Analyse von gelbbraunen Granatkrystallen $\{110\}$ aus einem Granatfels in der Nähe der Grube »Dorothy«, Chillagoe, ergab:

SiO_2 38,10, Fe_2O_3 18,79, FeO 1,00, Al_2O_3 9,75, MnO 0,22, CaO 31,06, H_2O (verbunden) 0,46, $CaCO_3$ 0,57, H_2O (hygroskopisch) 0,12; Summe 100,07. Dichte 3,429.

Ref.: H. L. Bowman.

21. R. A. Farquharson (in Dunedin, Neuseeland): **Die Platinseifen von Orepuki, Neuseeland** (Trans. New Zealand Inst. 1910, **43**, 448—482).

Das Platin kommt in Neuseeland vor: 1) auf dem Thames Goldfield, Provinz Auckland (Körner und Krystalle $\{111\}$ in einem Gold-Quarz-Gang mit Pyrit); 2) an dem »Wade« bei der Stadt Auckland (wahrscheinlich in Serpentin); 3) auf dem Takaka Goldfield, Provinz Nelson (Osmiridium und Platiniridium mit Magneteisen, Granat und Ilmenit in goldführendem Conglomerat); 4) auf der Insel Stewart (Seifenplatin und -gold); 5) am Gorge-Fluß, Milford Sound, Otago (mit Awaruit, wahrscheinlich aus Serpentin bezw. Dunit); 6) in der Nähe von Orepuki, Otago (in Seifen und Strandablagerungen).

Gelegentlich einer eingehenden Beschreibung der Geologie des letzteren Vorkommens gibt der Verf. folgende Analyse von rundlichen oder eiförmigen Schuppen (selten Körnern) an:

Pt 74,61, Ir 1,30, Pd 1,36, Rh 3,52, Au 0,39, Fe 5,08, Cu 0,15, Iridosmium (Osmiridium) 14,32, Os Spur; Summe 100,73. Im Iridosmiumrückstand $Ir = 59{,}63\,\%$.

Der in der Nähe herrschende Gabbro enthält kein Pt; das Metall stammt wahrscheinlich aus einem im Hinterlande vorkommenden Serpentin.

Ref.: H. L. Bowman.

22. **N. Fukuchi** (in Tokyo): **Die Mineralparagenesis der contact-metamorphen Erzlagerstätten von Japan** (Beitr. z. Mineralogie von Japan 1907, 3, 75—109).

Aus einer Beschreibung von 23 contact-metamorpher Lagerstätten mögen hier folgende Einzelheiten wiedergegeben werden.

I. Lagerstätten mit herrschenden oxydischen Eisenerzen.

1) Yanagigaura, Prov. Buzen. Granat, Hedenbergit und Magnetit, am Contact zwischen Diorit und mesozoischem Tonschiefer und Kalk. Daneben auch Lievrit, Epidot, Pyrit, Kupferkies, Kalkspat. Analyse des grünen bis grünlichschwarzen Hedenbergits: SiO_2 47,50, Al_2O_3 5,03, FeO 23,29, CaO 20,17, MgO 0,49, MnO 2,60; Summe = 99,08. Die ziemlich seltenen Krystalle des Lievrits (bis 8 cm Länge) zeigen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $p\{101\}$, $m\{110\}$, $s\{210\}$, $e\{021\}$.

8) Sennin, Prov. Rikuchū. Am Contact zwischen Gneiß bezw. krystallinischem Kalk und Granit, körnig-schieferiger Eisenglanz mit Krystallen bis 3 cm Durchmesser. Formen (nach Ko): $\{0001\}$, $\{1.0.\bar{1}.16\}$, $\{10\bar{1}6\}$, $\{10\bar{1}4\}$, $\{30\bar{3}5\}$, $\{20\bar{2}5\}$, $\{22\bar{4}3\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$.

Daneben (bei Tōhira) Pyrit, Kupferkies, Granat, Hedenbergit, Epidot usw. Der Pyrit zuweilen in verzerrten, rhomboëderähnlichen Krystallen, wegen ungleicher Entwicklung von $\{210\}$.

9) Kamaishi, Prov. Rikuchū. Eine Linse von Magnetit und Granat in Granit bezw. am Contact desselben mit Kalk. Daneben Pyroxen, Epidot, Chlorit und Axinit, sowie Kupferkies, Magnetkies und Pyrit. Magnetitkrystalle aus Hohlräumen zeigen meist nur $\{110\}$, zuweilen aber mit $\{211\}$; und (zu Sahinai) auch $\{221\}$, $\{111\}$.

Analyse des braunen Granates: SiO_2 34,38, Al_2O_3 6,36, FeO 6,24, Fe_2O_3 19,99, MnO 0,60, CaO 31,43, MgO 0,07, P 0,005, Glühverlust 0,61; Summe 99,685. Gelblichgrüner, faseriger Epidot zeigt $\{001\}$, $\{111\}$, $\{101\}$, $\{011\}$, $\{100\}$ usw.

Analyse (von Kitamura) des hellgrünen, säulenförmigen Pyroxens ($\{010\}$, $\{100\}$, $\{110\}$, ohne Endflächen): SiO_2 45,86, Al_2O_3 3,90, FeO 9,73, CaO 22,92, MgO 11,70, MnO 0,70, CO_2 5,76; Summe = 100,57.

II. Lagerstätten mit herrschenden sulfidischen Erzen.

11) Sannotake, Prov. Buzen. Am Contact zwischen Granit und Kalk: Magnetit, Pyrit, Magnetkies, Kupferkies, Molybdänglanz, Wismutglanz; im Muttergestein: Granat, Wollastonit, Salit, Amphibol, Chlorit, Titanit, Epidot, Quarz, Orthoklas, Rhodochrosit, Scheelit, Apatit.

Analyse (von Katayama) des tiefgrünen Salits: SiO_2 52,84, FeO 8,35, Al_2O_3 3,05, CaO 23,30, MgO 10,86, H_2O 1,23; Summe 99,63. Dichte 3,322.

Der Kalk-Eisen-Granat tritt mit dreierlei Farbe auf: 1) tiefbraun (mit Spuren von Mg), im Wollastonit und Scheelit, 2) hell-rötlichbraun (mit Spuren von Mn), mit zonarem Bau und Felderteilung, 3) grünlichgelb (mit Spuren von Cr).

Der Scheelit ist weiß oder grau, bis 2 cm Länge; an der Oberfläche manchmal in Ferberit umgewandelt. Formen: $\{111\}$ (herrschend), $\{113\}$, $\{110\}$, $\{102\}$, $\{311\}$, $\{310\}$, $\{001\}$. Magnetit im Granathornfels (nur zu Tokoya, Hirotani, Ryugahana und Beniiwa in Sannotake); Krystalle bis 2 cm mit $\{110\}$, $\{111\}$, $\{311\}$.

13) Ofuku (Sanjō-Grube), Prov. Nagato. In Quarzit in der Nähe eines Contactes zwischen Kalk und Tonschiefer und intrusivem Diorit: Granat und Hedenbergit, mit Kupferkies, Pyrit und Arsenkies, sowie Azurit, Rotkupfererz, Chrysokoll, Malachit. Dabei weiß durchscheinende, teils grüngefärbte Krystalle von Scheelit, bis 10 cm; {111}, {113}, {101}, {102}, {311} {001}.

15) Sasagatani, Prov. Iwami. In der Nähe von einer Rhyolithintrusion in Kalk, Tonschiefer, Hornstein usw.: Pyroxen, Quarz, Calcit, Kupferkies, Arsenkies, mit wenig Pyrit, Magnetkies, Zinkblende und Bleiglanz. Analyse (von Kō) des radialstengeligen Pyroxen: SiO_2 48,40, Al_2O_3 3,66, FeO 20,81, CaO 22,20, MgO 1,20, MnO 4,65; Summe = 100,92.

18) Sasano, Prov. Bitschū. In Pyroxenhornfels am Contact mit Quarzporphyr: Aktinolithaggregate mit Kupferkies, Magnetkies, Zinkblende und Bleiglanz; daneben Tremolit, Granat, Pyroxen, Orthoklas, Fluorit, Calcit und Quarz.

III. Lagerstätten mit sulfidischen Erzen und Borverbindungen.

21) Kiura, Prov. Bungo. Im Zinnrevier Kiura, in Kalk, Quarzit, Tonschiefer usw., mit intrusivem Quarzporphyr: Gänge von Quarz und Zinnstein, allein oder mit Sulfiden und zuweilen auch mit Contactmineralien. Unter den letzteren treten Wollastonit, Vesuvian, Lièvrit, Pyroxen, Granat, Axinit, Epidot, Fluorit auf. Als Erze findet man Zinnstein, Arsenkies, Pyrit, Magnetkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Magnetit.

Der Vesuvian (in Japan nur von Innagare in Kiura) in »riesengroßen« Krystallen zeigt: {001}, {100}, {110}, {111}, {101}, {103}, {112}, {113}, {312}, {210}.

22) Obira, Prov. Bungo. In diesem Zinnrevier sind die in der Nähe des Contactes zwischen Quarzporphyr und Kalk bezw. Tonschiefer usw. befindlichen Lagerstätten von dreierlei Typus: 1) Turmalin-Zinnerz-Gänge, 2) Contactlagerstätten, 3) Sulfidische Gänge. In den Contactlagerstätten kommen folgende Mineralien vor: Wollastonit, Granat, Axinit, Danburit, Datolith, Hedenbergit, Lièvrit, Fluorit, Quarz, Magnetkies, Kupferkies, Pyrit, Arsenkies, Bleiglanz, Zinkblende, Zinnstein (?) und Wismutglanz.

Analyse des säulenförmigen Hedenbergits von Higashi-Shōdō, {100}, {010}, {001}, {110}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{1}$12}:

I. SiO_2 49,56, Al_2O_3 1,14, CaO 22,13, FeO 23,76, MnO 1,48, MgO 1,64, $(K,Na)_2O$ 0,45; Summe = 100,16.

II. SiO_2 47,13, CaO 23,23, FeO 24,46, MnO 0,73, MgO 2,40, Na_2O 0,98, K_2O 0,13, H_2O 1,08; Summe = 100,14.

Analyse des gut krystallisierten Axinits von Higashi-Shōdō ({100}, {010}, {001}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {1$\bar{1}$2}, {021}, {5$\bar{1}$1}, {$\bar{3}$11}, {201}. [die Übersetzung der vom Verf. angegebenen Naumann'schen Symbole ist unsicher, weil die Aufstellung nicht angegeben ist]):

I. Von Ford (brauner Axinit): SiO_2 41,80, B_2O_3 5,61, Al_2O_3 17,15, Fe_2O_3 1,11, FeO 2,84, MnO 10,71, CaO 19,51, MgO 0,21, H_2O 1,22; Summe = 100,16.

II. Von Kajiura (tief violette Krystalle): SiO_2 41,87, B_2O_3 1,59, Al_2O_3 19,25, Fe_2O_3 11,79, MnO 5,62, CaO 17,75, MgO (Spur), Na_2O 1,79, K_2O (Spur), H_2O 0,87; Summe = 100,53.

Analyse (von Tamura) des Danburits (durchsichtige bis halbdurchsichtige, Prismen, mit {100}, {010}, {110}, {120}, {101}, {041}, {142}, {121} usw.)

von Higashi-Shodo: SiO_2 48,87, B_2O_3 25,73, Al_2O_3 0,89, Fe_2O_3 0,12, CaO 14,47, MgO 7,67, K_2O 0,77, Na_2O 0,96, H_2O 0,58; Summe = 100,06.

Der Datolith wird nur in Nakagoya aufgefunden.

23) Noborio, Prov. Hyuga. Brauner Granat, Epidot, Axinit, Datolith, Pyroxen, Quarz, Calcit usw. mit Bleiglanz und ähnlichen Sulfiden. Das Vorkommen ähnlich wie zu Obira.

Analyse (von Tamura) des schön krystallisierten Datoliths ({102}, {110}, {$\bar{1}$12}, {011} usw.): SiO_2 38,22, B_2O_3 18,24, Al_2O_3 0,07, Fe_2O_3 0,34, CaO 35,33, MgO 0,38, K_2O (Spur), Na_2O 0,01, H_2O 7,86; Summe = 100,45.

Zonarer Bau der Lagerstätten. In der Nähe des Contactes zwischen dem Eruptivgestein (Granit, Quarzporphyr bezw. einem anderen kieselsäurereichen Gestein) und dem Kalke, ist dieser in Kalksilikathornfels umgewandelt, welcher hauptsächlich aus Wollastonit, zuweilen mit Granat oder Pyroxen bezw. (seltener) Axinit oder Vesuvian besteht. Die Contactmineralien bilden Gänge im Hornfels sowie in dem Kalke, welche Intrusionen der saueren Überreste der Mutterlauge des Granites (Beresit, Alaskit oder Gangquarz) darstellen. Die Gänge zeigen einen regelmäßigen Aufbau aus Zonen, welche entweder symmetrisch (im Kalke) oder unsymmetrisch (am Contact) angeordnet sein können, z. B.:

Kalk | Wollastonit | Granat | Pyroxen | Gangquarz | Pyroxen | Granat | Wollastonit | Kalk.

War die Mutterlauge eisenreicher, so entstand wenig Wollastonit, und es tritt das überschüssige Eisen in Form von Eisenerzen auf. Derartige Lagerstätten liegen meist nahe beim Contact und zeigen eine Bänderung, wie z. B.:

Kalk | Granat mit Eisenerzen | Hedenbergit | Eruptivgestein.

Die sulfidischen Lagerstätten liegen ebenfalls meistens am Contact, wie z. B.:

Kalk | Granat mit Eisenerzen | Hedenbergit mit Sulfiden | Eruptivgestein

oder

Kalk | Granat ¦ Hedenbergit mit Sulfiden | Hornfels.

War auch Bor vorhanden, so kann an Stelle des Granats Axinit, Danburit oder Datolith auftreten, z. B.:

Kalk | Axinit | Hedenbergit mit Sulfiden | Eruptivgestein.

Es werden folgende Paragenesen notiert:

1) Wollastonit, Vesuvian (Minerale des krystallinischen Kalkes).

2) Granat, Epidot, Chlorit, Magnetit, Eisenglanz (Minerale der Granatzone).

3) Pyroxen, Amphibol, Lievrit, Kupferkies, Pyrit, Fahlerz (Minerale der Pyroxenzone).

4) Bleiglanz, Zinkblende (Minerale der Silbererzlagerstätten; in der Pyroxenzone).

5) Arsenkies, Zinnstein, Fluorit (Minerale der Zinnerzlagerstätten; in der Pyroxenzone).

6) Scheelit, Wolframit, Molybdänglanz, Wismutglanz (in der Pyroxenzone weniger häufig; in der Granatzone selten).

7) Axinit, Danburit, Datolith (Minerale der Axinitzone).

8) Quarz, Calcit.

Ref.: H. L. Bowman.

23. S. Kō (in ?): **Krystallform des Pyrits von Sagi, Prov. Izumo (Japan)** (Beitr. z. Mineralogie von Japan 1907, 3, 110—114).

Die schönen Pyritkrystalle aus der Kupfergrube von Sagi, Provinz Izumo, wurden zuerst von Wada (»Minerals of Japan«) beschrieben als von würfelförmigem oder oktaëdrischem Habitus mit den Formen: {111}, {100}, {110}, {211}, {210}, {760}, {321}, {421}. Der Verf. hat auch Krystalle erhalten von pyritoëdrischem, »ikosaëdrischem« und (einmal) dodekaëdrischem Habitus sowie verzerrte Krystalle. Größe bis 4 cm nach einer Oktaëderkante. Beobachtete Formen: *a*{100}, *o*{111}, *d*{110}, *n*{211}, *p*{221}, *e*{210}, *g*{320}, *h*{410}, *s*{321}, *t*{421}, *W*{851}. Herrschend sind *o*, *e*, *a*; die übrigen Formen klein.

Die Flächen sind glänzend mit Ausnahme von *o* (matt) und zeigen vielfach eine Streifung, sowie Hügel und Grübchen.

Ref.: H. L. Bowman.

24. H. E. Armstrong (in London): **Morphologische Studien an Benzolderivaten,** 1. Teil, Einleitung (Journ. of the Chem. Soc. London 1910, 97, 1578 bis 1584).

R. Th. Colgate und **E. H. Rodd** (in London): **Morphologische Studien an Benzolderivaten,** 2. Teil. **2,5-Halogenderivate der Benzolsulfosäure** (Ebenda 1585—1605).

2,5-Dichlorbenzolsulfochlorid $= C_6H_3Cl_2 . SO_2Cl$ (l. c. 1591). Schmelzpunkt 38°.

Monoklin. $a:b:c = 2,450:1:1,179$; $\beta = 97°25'$[1].

Beobachtete Formen: *a*{100}, *o*{111}, *c*{001}, *m*{110}, *ω*{11$\bar{1}$}, *x*{221}, Krystalle aus Benzol.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001) =$	—	*82°35′
$m:a = (110):(100)$	—	*67 38
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*77 6
$o:a = (111):(100)$	68°18′	68 19
$\omega:c = (\bar{1}11):(001)$	53 23	53 16
$\omega:m = (11\bar{1}):(110)$	39 26	39 23
$o:c = (111):(001)$	49 56	49 47
$\omega:w = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	96 2	95 49

2,5-Bromchlorbenzolsulfochlorid $= C_6H_3BrCl.SO_2Cl.$ (l. c. 1592.) Schmelzp. 46°.

Monoklin. $a:b:c = 2,398:1:1,33$; $\beta = 96°5'$.

Beobachtete Formen: *a*{100}, *c*{001}, *m*{110}, *ω*{11$\bar{1}$}, *x*{221}. Krystalle aus einem Gemisch von Benzol und Gasolin vom Siedep. 100—120°.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001) =$	—	*83°55′
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*76 18

---

1) Gegenüber der Aufstellung im Original sind hier die monoklin krystallisierenden Verbindungen zum größeren Teil um 180° gedreht um die verticale Axe, damit die *a*-Axe in der üblichen Weise vorn nach unten geneigt erscheint. Auch sind zahlreiche offenkundige Widersprüche und Fehler in den Tabellen tunlichst korrigiert worden. D. Ref.

		Berechnet:	Beobachtet:
$\omega : c$	$= (\bar{1}11) : (001)$	—	$*52^0\ 7'$
$\omega : m$	$= (11\bar{1}) : (110)$	$40^0 15'$	$40\ \ 9$
$x : a$	$= (221) : (100)$	$66\ 54$	$66\ 55$
$x : c$	$= (221) : (001)$	$65\ 54$	$65\ 40$

2,5-Bromchlorbenzolsulfobromid $= C_6 H_3 BrCl . SO_2 Br$. Schmelzpunkt 83^0.

Monoklin. $a : b : c = 2,4383 : 1 : 1,1456$; $\beta = 97^0 45'$ H. Harding.
Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$a : c$	$= (100) : (001) =$	—	$*82^0 15'$
$\omega : c$	$= (\bar{1}11) : (001)$	$52^0 38'$	$52\ 39$
$\omega : a$	$= (11\bar{1}) : (100)$	—	$*77\ 27$
$\omega : \omega$	$= (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$	—	$*94\ 41$

2,5-Bromchlorbenzolsulfanilid $= C_6 H_3 BrCl . SO_2 . NH . C_6 H_5$. Schmelzpunkt 164^0.

Monoklin. $a : b : c = 1,338 : 1 : 1,047$[1]; $\beta = 98^0 30'$.

Prismatische Krystalle aus Aceton zeigten die Formen $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $y\{121\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$a : c$	$= (100) : (001) =$	$81^0 30'$	$81^0 29\frac{1}{2}'$
$a : \varrho$	$= (100) : (10\bar{1})$	$57\ 19$	$57\ 20$
$a : r$	$= (100) : (101)$	$46\ 45$	$46\ 54$
$\omega : a$	$= (11\bar{1}) : (100)$	—	$*66\ \ 6$
$\omega : \omega$	$= (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$	—	$*82\ 47$
$o : r$	$= (111) : (101)$	$37\ 20$	$37\ 24$
$y : y$	$= (121) : (\bar{1}2\bar{1})$	—	$*66\ 30$
$y : \omega$	$= (121) : (11\bar{1})$	$49\ 14$	$49\ \ 9$

2,5-Chlorbrombenzolsulfanilid $= C_6 H_3 ClBr . SO_2 NH . C_6 H_5$. (l. c. 1594.) Schmelzp. 138^0.[2]

Die Substanz ist dimorph. Eine labile Modification, welche rasch in die stabile Form übergeht, erhält man beim Krystallisieren der reinen Substanz aus Aceton. Bei Anwesenheit von etwas Anilin erhält man aus dem gleichen Lösungsmittel die stabile α-Modification, isomorph mit 1,4-Bromchlorbenzolsulfanilid. Manchmal entstehen beide Modificationen nebeneinander. Einige Messungen der außerhalb der Lösung nicht beständigen β-Modification ergaben deren Isomorphie mit der labilen Modification von 2,5-Dibrombenzolsulfanilid.

α-Modification.

Monoklin. $a : b : c = 1,3395 : 1 : 1,058$[1]; $\beta = 98^0 7'$.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $y\{121\}$.

1) Siehe Anmerkung S. 423.

2) Die Angabe, daß beide Modificationen bei 138^0 schmelzen, beruht jedenfalls darauf, daß die metastabile vor dem Schmelzen sich umgewandelt hatte.

		Berechnet:	Beobachtet:
$r : \varrho$	$= (101):(\bar{1}01) =$	—	*76° 29′ [1]
$r : a$	$= (101):(100)$ [1]	—	*46 45
$\omega : \omega$	$= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*83 1
$o : c$	$= (111):(001)$	57° 8′	57 7
$\omega : c$	$= (\bar{1}11):(001)$	65 46	65 38

2,5-Chlorbrombenzolsulfo-*o*-Toluidid
$= C_6H_3ClBr.SO_2.NH.C_6H_4(CH_3)$. (l. c. 1595.)

Die Substanz schmilzt zunächst teilweise bei 143°—144°, um dann nochmals zu erstarren und endgültig scharf bei 151° zu schmelzen. Die gewöhnliche bei 143° schmelzende Modification scheint bei ihrem Schmelzpunkt instabil zu werden.

Monoklin. $a:b:c = 0,727:1:1,195$; $\beta = 102°5'$.

Beobachtete Formen $c\{001\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, Krystalle aus Aceton.

		Berechnet:	Beobachtet:
$\varrho : c$	$= (\bar{1}01):(001) =$	—	*67° 47′
$\varrho : r$	$= (10\bar{1}):(101)$	—	*62 7
$q : c$	$= (011):(001)$	—	*49 27
$\varrho : q$	$= (\bar{1}01):(011)$	75° 46′	75 44
$r : q$	$= (101):(011)$	65 21	65 20

2,5-Chlorbrombenzolsulfo-*m*-Toluidid
$= C_6H_3ClBr.SO_2.NH.C_6H_4(CH_3)$. Schmelzp. 159,5°.

Monoklin. $a:b:c = 0,7576:1:1,154$; $\beta = 100°37'$.

Die aus Aceton erhaltenen Krystalle sind sechsseitige Tafeln der Combination $q\{011\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $c\{101\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$\varrho : c$	$= (\bar{1}01):(001) =$	64° 21′	64° 21′
$\varrho : r$	$= (101):(10\bar{1})$	—	*66 12
$r : m$	$= (101):(110)$	—	*45 58
$\varrho : m$	$= (10\bar{1}):(110)$	—	*49 43
$m : m$	$= (110):(1\bar{1}0)$	73 21	73 21
$m : q$	$= (110):(01\bar{1})$	69 30	69 30
$r : q$	$= (101):(011)$	64 32	64 26
$\varrho : q$	$= (\bar{1}01):(011)$	73 21	73 19
$m : q$	$= (110):(011)$	56 56	56 50

2,5-Chlorbrombenzolsulfo-*p*-Toluidid
$= C_6H_3ClBr.SO_2.NH.C_6H_4(CH_3)$. Schmelzp. 157°.

Monoklin. $a:b:c = 0,767:1:0,959$; $\beta = 98°25'$.

Aus Aceton prismatische Krystalle der Combination $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, $y\{121\}$, $o\{111\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $z\{21\bar{2}\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$a : c$	$= (100):(001) =$	81° 35′	81° 30′
$\varrho : c$	$= (\bar{1}01):(001)$	—	*56 33

1) Die Tabelle im Original muß in dieser Weise abgeändert werden. D. Ref.

	Berechnet:	Beobachtet:
$q:k = (011):(012)$	25° 23′	25° 23′
$o:o = (111):(1\bar{1}1)$	58 1	58 3
$o:y = (111):(121)$	18 57	18 55
$z:b = (21\bar{2}):(010)$	72 15	72 13
$\varrho:k = (\bar{1}01):(012)$	60 8	60 7
$\varrho:o = (\bar{1}01):(111)$	—	*78 49
$o:k = (111):(012)$	—	*41 31

2,5-Dibrombenzolsulfochlorid $= C_6H_3Br_2.SO_2Cl$. (l. c. 1597.) Schmelzp. 71°.

Monoklin. $a:b:c = 2,476:1:1,1439$; $\beta = 95° 26'$.

Krystalle der Combination $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $m\{110\}$, $x\{221\}$ aus einem Gemisch von Benzol und Petroläther.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:m = (100):(110) =$	—	*67° 55′
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*76 22
$o:a = (111):(100)$	69° 47′	69 44
$\omega:m = (11\bar{1}):(110)$	39 55	39 51
$o:m = (111):(110)$	38 28	38 37
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*94 3

2,5-Dibrombenzolsulfobromid $= C_6H_3Br_2.SO_2Br$. (l. c. 1597.) Schmelzp. 114°.

Monoklin. $a:b:c = 2,479:1:1,445$; $\beta = 96° 49'$.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $m\{110\}$, $x\{221\}$, $c\{001\}$. Krystalle aus einem Gemisch von Benzol und Petroläther.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001) =$	83° 11′	83° 6′
$m:a = (110):(001)$	—	*67 53
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*77 12
$o:a = (111):(100)$	68 57	68 41
$\omega:c = (\bar{1}11):(001)$	52 19	52 18
$\omega:m = (11\bar{1}):(110)$	40 13	40 6
$o:c = (111):(001)$	49 18	49 15
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*94 31
$x:o = (221):(111)$	16 22	16 18

2,5-Dibrombenzolsulfanilid $= C_6H_3Br_2.SO_2.NH.C_6H_5$. (l. c. 1598.)

Die Substanz ist dimorph[1]). Die reine Lösung in Aceton liefert eine labile β-Modifikation (Schmelzp. 143°); enthält die Lösung eine Spur Anilin, dann krystallisiert die stabile α-Modification (Schmelzp. 143°) aus.

α-Modification.

Monoklin. $a:b:c = 1,329:1:1,025$; $\beta = 97° 58'$.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $y\{121\}$.

---

1) Auffallend ist bei dieser Dimorphie die Identität der Schmelzpunkte und die Ähnlichkeit der Axenverhältnisse beider Modificationen, sodaß man mangels näherer Angaben geneigt ist, beide für identisch zu halten. D. Ref.

		Berechnet:	Beobachtet:
$\varrho : a$	$= (10\bar{1}) : (100)$ [1] $=$	57° 26′	57° 26′
$\varrho : r$	$= (\bar{1}01) : (101)$	—	*75 7
$\omega : c$	$= (\bar{1}11) : (001)$	—	*65 58
$o : c$	$= (111) : (001)$	57 20	57 23
$\omega : \omega$	$= (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$	81 38	81 38
$r : o$	$= (101) : (111)$	37 3	37 5
$y : o$	$= (121) : (111)$	19 25	19 22
$y : \omega$	$= (121) : (11\bar{1})$	49 17	49 17

β-Modification.

Monoklin. $a : b : c = 1{,}392 : 1 : 1{,}163$; $\beta = 97° 50'$.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\eta\{12\bar{1}\}$. Sechsseitige Prismen, in der Richtung der Kante $[010 : 111]$ verlängert.

		Berechnet:	Beobachtet:
$\omega : b$	$= (11\bar{1}) : (010) =$	—	*46° 37′ [1]
$\eta : b$	$= (12\bar{1}) : (010)$	27° 54′	27 44
$o : b$	$= (111) : (010)$	—	*50 29
$\omega : a$	$= (11\bar{1}) : (100)$	58 12	58 7 [2]
$o : \omega$	$= (111) : (\bar{1}11)$	—	*69 51 [2]

2,5-Dibrombenzolsulfo-p-Toluidid $= C_6H_3Br_2 . SO_2 . NH . C_6H_4(CH_3)$. (l. c. 1599.) Schmelzp. 151°.

Monoklin. $a : b : c = 0{,}7645 : 1 : 0{,}9595$; $\beta = 98° 32'$.

Aus Aceton Krystalle der Combination $b\{010\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $z\{21\bar{2}\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$q : b$	$= (011) : (010) =$	—	*46° 28′
$q : k$	$= (011) : (012)$	18° 7′	17 57
$o : b$	$= (111) : (010)$	—	*61 2
$\omega : b$	$= (11\bar{1}) : (010)$	57 24	57 27
$o : q$	$= (111) : (011)$	—	*39 30
$\omega : a$	$= (11\bar{1}) : (100)$	51 5	51 1
$o : a$	$= (111) : (100)$	44 19	44 17
$\omega : z$	$= (11\bar{1}) : (21\bar{2})$	14 52	14 47

2,5-Dibrombenzolsulfonsäuremethylester $= C_6H_3Br_2 . SO_3 . CH_3$. (l. c. 1599.) Schmelzp. 63°.

Monoklin. $a : b : c = 2{,}443 : 1 : 1{,}167$ [3]; $\beta = 94° 0'$.

Krystalle aus Aceton, mit den Formen $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $n\{210\}$.

		Berechnet:	Beobachtet:
$n : a$	$= (210) : (100) =$	—	*50° 37′
$\omega : a$	$= (11\bar{1}) : (100)$	—	*75 5
$\omega : \varrho$	$= (11\bar{1}) : (10\bar{1})$	—	*47 13

---

1) Siehe Anmerkung S. 423.

2) Dieser Winkel stimmt nicht zum angegebenen Axenverhältnis. D. Ref.

3) Das Axenverhältnis stimmt nur in dieser Form zu den angegebenen Fundamentalwinkeln.

	Berechnet:	Beobachtet:
$\varrho : a = (10\bar{1}) : (100)$	67° 44′	67° 57′
$r : a = (101) : (100)$	61 13	60 52
$\omega : n = (11\bar{1}) : (210)$	43 4	43 7
$r : n = (101) : (210)$	72 13	72 16
$r : \omega = (101) : (\bar{1}11)$	64 43	64 41

2,5-Dibrombenzolsulfonsäureäthylester $= C_6H_3Br_2 . SO_3 . C_2H_5$. (l. c. 1600.) Schmelzp. 106°.

Rhombisch. $a : b : c = 1,124 : 1 : 0,9393$.

Krystalle der Combination $a\{100\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$ aus Aceton.

	Berechnet:	Beobachtet:
$m : b = (110) : (010) =$	—	*41° 41′
$q : b = (011) : (010)$	—	*46 49

2,5-Jodchlorbenzolsulfochlorid $= C_6H_3JCl . SO_2Cl$. Schmelzp. 69°.

Monoklin. $a : b : c = 0,729 : 1 : 0,654$; $\beta = 99° 42′$.

Prismatische Krystalle der Combination $c\{001\}$, $k\{021\}$, $b\{010\}$, an den Enden mit $a\{100\}$, $n\{210\}$, $\eta\{21\bar{2}\}$ aus einem Gemisch von Benzol und leichtsiedendem Gasolin.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a : c = (100) : (001) =$	80° 18′	80° 19′
$n : b = (210) : (010)$	—	*72 8
$k : c = (021) : (001)$	—	*55 10
$n : c = (210) : (001)$	—	*80 47
$\eta : c = (\bar{2}12) : (001)$	54 53	54 54
$\eta : b = (21\bar{2}) : (010)$	75 16	75 18

2,5-Jodchlorbenzolsulfobromid $= C_6H_3JCl . SO_2 . Br$. (l. c. 1601.) Schmelzp. 102°.

Monoklin. $a : b : c = 2,469 : 1 : 1,154$; $\beta = 95° 50′$.

Prismatische Krystalle der Combination $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $n\{210\}$ aus einem Gemisch von Benzol und Petroläther.

	Berechnet:	Beobachtet:
$n : a = (210) : (100) =$	—	*50° 51′
$\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1})$	—	*47 17
$\varrho : a = (10\bar{1}) : (100)$	—	*69 48
$\omega : n = (11\bar{1}) : (210)$	44° 9′	44 5
$\omega : a = (11\bar{1}) : (100)$	76 27	76 18
$\varrho : n = (10\bar{1}) : (210)$	77 26	77 24

2,5-Jodchlorbenzolsulfanilid $= C_6H_3JCl . SO_2 . NH . C_6H_5$. (l. c. 1602.) Schmelzp. 168°.

Monoklin. $a : b : c = 1,350 : 1 : 0,9971$; $\beta = 97° 15′$.

Aus Aceton Krystalle der Combination $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $y\{121\}$. Prismatisch verlängert in der Richtung der Kante [010 : 111].

	Berechnet:	Beobachtet:
$a : c = (100):(001) =$	—	*82° 45′
$r : a = (101):(100)$[1]	48° 55′	48 50
$\varrho : a = (10\bar{1}):(100)$[1]	58 19	58 14
$\omega : c = (\bar{1}11):(001)$	—	*66 23
$o : c = (111):(001)$	58 18	58 15
$\omega : \varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1})$	40 18	40 16
$o : r = (111):(101)$	36 56	36 56
$\omega : a = (11\bar{1}):(100)$	—	*53 37
$o : a = (111):(100)$	48 24	48 25
$y : o = (121):(111)$	19 26	19 21
$y : \omega = (121):(11\bar{1})$	48 25	48 25
$y : \omega = (121):(\bar{1}11)$	65 35	65 35

2,5-Jodchlorbenzolsulfonsäureäthylester $= C_6H_3JCl.SO_3.C_2H_5$. (l. c. 1602.) Schmelzp. 87°.

Rhombisch. $a:b:c = 2,322:1:0,898$.

Aus Äther entstehen sechsseitige Tafeln der Combination $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $s\{201\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$m : a = (110):(100) =$	—	*66° 42′
$o : a = (111):(100)$	—	*73 57
$s : a = (201):(100)$	52° 18′	52 9

2,5-Jodbrombenzolsulfochlorid $= C_6H_3JBr.SO_2.Cl$. (l. c. 1603.) Schmelzp. 97°.

Monoklin. $a:b:c = 0,815:1:0,673$; $\beta = 95°28'$.

Aus Benzol und Petroläther Krystalle der Combination $b\{010\}$, $c\{001\}$, $k\{021\}$, $\eta\{21\bar{2}\}$, $\nu\{21\bar{1}\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$k : c = (021):(001) =$	—	*58° 20′
$\eta : c = (\bar{2}12):(001)$	—	*55 9
$\eta : b = (\bar{2}12):(010)$	—	*74 48
$\eta : k = (\bar{2}12):(021)$	58° 28′	58 29
$\eta : \nu = (21\bar{2}):(21\bar{1})$	18 1	18 4

2,5-Jodbrombenzolsulfanilid $= C_6H_3JBr.SO_2.NH.C_6H_5$. Schmelzp. 150°.

Monoklin. $a:b:c = 1,329:1:0,979$; $\beta = 97°18'$[1].

Aus Aceton Krystalle der Combination $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $y\{121\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a : c = (100):(001) =$	82° 42′	82° 53′
$r : a = (101):(100)$[1]	48 57	49 1
$\varrho : a = (10\bar{1}):(100)$[1]	58 25	58 20
$\omega : \omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*79 40
$o : r = (111):(101)$	36 27	36 38
$y : y = (121):(\bar{1}2\bar{1})$	—	*68 12
$o : c = (111):(001)$	58 7	58 22
$\omega : c = (\bar{1}11):(001)$	—	*66 17

1) Siehe Anmerkung S. 423.

2,5-Chlorjodbenzolsulfochlorid = $C_6H_3ClJ.SO_2Cl$. (l. c. 1604.) Schmelzp. 88°.

Monoklin. $a:b:c = 2,583:1:1,176$; $\beta = 99°7'$.

Krystalle aus einem Gemisch von Benzol und Petroläther. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $x\{221\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$m:a = (110):(100)$	= 68° 35′	68° 25′
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*79 0
$o:a = (111):(100)$	—	*68 3
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(\bar{1}11)$	—	*83 13
$\omega:m = (11\bar{1}):(110)$	40 1	39 58
$\omega:o = (11\bar{1}):(111)$	77 26	77 26
$x:m = (221):(110)$	21 22	21 21

2,5-Bromjodbenzolsulfochlorid = $C_6H_3BrJ.SO_2Cl$. (l. c. 1604.) Schmelzp. 91°.

Eine labile Modifikation erhält man aus einem Gemisch von Benzol und Petroläther.

Monoklin. $a:b:c = 2,555:1:1,158$; $\beta = 94°23'$.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$m:a = (100):(100)$	= 68° 34′	68° 40′
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*76 8
$o:\omega = (100):(\bar{1}11)$	—	*33 1
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(\bar{1}11)$	—	*85 25
$o:\omega = (111):(11\bar{1})$	77 48	77 47
$o:m = (111):(110)$	38 18	38 18

2,5-Chlorjodbenzolsulfobromid = $C_6H_3ClJ.SO_2Br$. (l. c. 1604). Schmelzp. 143°.

Monoklin. $a:b:c = 2,567:1:1,167$; $\beta = 100°30'$.

Krystalle der Combination $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $x\{221\}$ aus Benzol.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001)$	= 79° 30′	79° 30′
$m:a = (110):(100)$	—	*68 23
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*79 47
$\omega:c = (\bar{1}11):(001)$	53 20	53 22
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(\bar{1}11)$	83 16	83 17
$\omega:m = (11\bar{1}):(110)$	—	*40 31
$x:c = (221):(001)$	64 41	64 45
$x:a = (221):(100)$	66 24	66 20

2,5-Dichlorbenzolsulfamid = $C_6H_3Cl_2.SO_2.NH_2$. (l. c. 1605.) Schmelzpunkt 182°.

Monoklin. $a:b:c = 0,423:1:0,421$; $\beta = 91°44'$.

Tafelige Krystalle der Combination $b\{010\}$, $m\{021\}$, $k\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$ aus einem Gemisch von Aceton und Aethylacetat. Häufig Zwillingsbildung.

	Berechnet:	Beobachtet:
$m:b = (110):(010) =$	—	*67° 4′
$k:b = (021):(010)$	—	*49 56
$k:m = (021):(\bar{1}10)$	76° 44′	76 43
$k:m = (021):(110)$	—	74 13
$o:b = (111):(010)$	73 57	73 30
$k:o = (021):(111)$	44 47	44 44
$\omega:m = (1\bar{1}\bar{1}):(110)$	60 4	59 53
$o:m = (111):(1\bar{1}0)$	58 29	58 32

Die drei folgenden Verbindungen wurden von Gidden gemessen.

2,5-Dichlorbenzolsulfobromid $= C_6H_3Cl_2 . SO_2Br$. (l. c. 1591.) Schmelzp. 74°.

Monoklin. $a:b:c = 2{,}490:1:1{,}166;\ \beta = 98° 41'$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001) =$	—	*81° 19′
$m:a = (110):(100)$	67° 54′	67 53
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*78 12
$\omega:c = (\bar{1}11):(001)$	53 12	53 14
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*96 0
$\omega:m = (\bar{1}11):(110)$	52 18	52 20

2,5-Chlorbrombenzolsulfochlorid $= C_6H_3ClBr . SO_2Cl$. (l. c. 1593.) Schmelzp. 66°.

Monoklin. $a:b:c = 2{,}509:1:1{,}178;\ \beta = 97° 40'$.

Tafelige Krystalle aus Benzol.

	Berechnet:	Beobachtet:
$\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$	—	*77° 37′
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*96 15
$o:a = (111):(100)$	—	*68 28
$\omega:m = (11\bar{1}):(100)$	39° 34′	39 32
$\omega:o = (11\bar{1}):(111)$	76 56	76 58
$x:m = (221):(110)$	21 16	21 19
$x:\omega = (221):(11\bar{1})$	60 50	60 55

2,5-Chlorbrombenzolsulfobromid $= C_6H_3ClBr . SO_2Br$. Schmelzp. 110°.

Monoklin. $a:b:c = 2{,}531:1:1{,}171;\ \beta = 98° 35'$.

Rhombenförmige Tafeln aus Benzol.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001) =$	81° 25′	81° 3′
$m:a = (110):(100)$	68 13	68 10
$\omega:a = (11\bar{1}):(100)$	—	*78 22
$\omega:c = (\bar{1}11):(001)$	53 12	53 13
$\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$	—	*96 17
$\omega:m = (11\bar{1}):(110)$	39 58	39 56
$\omega:m = (\bar{1}11):(110)$	—	*51 55

Ref.: B. Goßner.

25. W. H. Barrett (in Oxford): **Krystallform des Hexamethylferrocyanmethylsulfates** = $(CH_3)_6Fe(CN)_6(CH_3.SO_4)_2$ (aus E. G. J. Hartley, Tetramethylferrocyanid und einige seiner Derivate. Journ. of the Chem. Soc. London 1910, 97, 1725—1732).

Monoklin. $a:b:c = 1{,}9101:1:2{,}0472;\ \beta = 93^0 1'$.

Sechsseitige, gelbe Tafeln aus Methylalkohol, mit den Formen $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$; selten treten dazu in schlechter Ausbildung $y\{113\}$ und $\eta\{11\bar{2}\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001) =$	—	*86° 59′
$\varrho:c = (\bar{1}01):(001)$	—	*48 36
$m:a = (110):(100)$	—	*62 26
$y:c = (113):(001)$	46° 50′	47 13
$\eta:c = (\bar{1}12):(001)$	49 54	49 46

Doppelbrechung positiv. Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; die 2. Mittellinie ist in der Symmetrieebene im stumpfen Winkel β unter ca. 30° gegen die a-Axe geneigt. Winkel der optischen Axen ziemlich klein, schwache Dispersion, $\varrho > v$.

Ref.: B. Goßner.

XXVI. Das Mohr'sche Salz und seine Alkalimetall-Isomorphen.

Von

A. E. H. Tutton.

Mit 11 Textfiguren.

Das schwefelsaure Ammonium-Eisenoxydul $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 . 6H_2O$, ist vielleicht das bekannteste und im Laboratorium am meisten gebrauchte von allen Doppelsalzen, und seine schönen, großen, stabilen, klar durchsichtigen und schwach bläulich-grünen Krystalle sind allen Chemikern und sogar Studenten sehr wohl bekannt. Um so seltsamer ist die Tatsache, daß seine krystallographischen Constanten und optischen Eigenschaften seit den frühen und nur sehr approximativen Untersuchungen von Murmann und Rotter vom Jahre 1858 nie eingehender bestimmt worden sind, obgleich das Salz der Gegenstand zahlreicher anderer Untersuchungen geworden ist. Zum Beispiel befindet es sich nicht unter denjenigen Salzen, welche von Topsöe und Christiansen oder von Perrot untersucht worden sind, und es ist bis jetzt auch nicht vom Verf. selbst mit den anderen Salzen bei seiner eingehenden Untersuchung dieser großen isomorphen Salzreihe behandelt worden. Diese Lücke in der Arbeit des Verf. soll durch diese Mitteilung ausgefüllt werden, welche auch die Resultate einer neuen Bestimmungsreihe der Volumconstanten der analogen und isomorphen Kalium-, Rubidium- und Cäsium-Eisenoxydsulfate einschließt; die Constanten sind mit Hilfe der verbesserten Retgers'schen Schwebemethode für specifische Gewichtsbestimmungen bestimmt worden, um die sämtlichen Volumconstanten der Eisengruppe vollständig und genau vergleichbar zu machen.

Die ersten Messungen der Krystalle dieses Salzes sind von Kopp[1]) ausgeführt worden; später ist seine Goniometrie weiter von Murmann und

---

1) Zitiert in Rammelsberg, Handbuch d. kryst.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 460.

Rotter[1]) untersucht worden, und diese bestimmten auch die Orientierung des optischen Ellipsoids und gaben einige approximative Zahlen für den mittleren Brechungsexponenten β für Rot, Gelb und Grün (keine specifischen Wellenlängen), sowie auch den Wert des optischen Axenwinkels für einen mittleren Teil des Spectrums. Weitere und präcisere Daten über die optischen Eigenschaften dieses Salzes sind nicht in der Literatur zu finden. Es gibt aber einige ältere Resultate für das spec. Gewicht, welche aber nicht weniger als von 1,81 zu 1,89 variieren. Also war eine vollständige und genaue Untersuchung der Krystalle des schwefelsauren Ammonium-Eisenoxyduls, mit allen modernen Apparat- und Methodenverbesserungen, sehr wünschenswert.

Einige höchst interessante specielle Untersuchungen sind an den Krystallen dieses Salzes ausgeführt worden, insbesondere eine von v. Hauer[2]) über seine parallelen Fortwachsungen auf Krystallen der verschiedenen isomorphen Doppelsalze. Eine Untersuchung von Baumhauer[3]) über die mit Wasser erhaltenen Ätzfiguren auf den verschiedenen Flächen, eine andere über seine Krystallisation in einem Magnetfelde von St. Meyer[4]), eine andere von Wulff[5]) über die Wachstumsgeschwindigkeit der verschiedenen Krystallflächen, endlich noch eine andere über die richtige Aufstellung der Krystalle von v. Fedorow[6]). Die Resultate dieser Untersuchungen werden in dieser Mitteilung neben den jetzt bestimmten krystallographischen Constanten kurz zusammengestellt, um ein sowohl morphologisch als physikalisch vollkommenes Bild dieses wichtigen Salzes zu liefern.

Morphologie.

Wie alle übrigen Glieder der isomorphen Doppelsalzreihe $R_2M(\underset{Se}{SO_4})_2 \cdot 6H_2O$ krystallisiert schwefelsaures Ammonium-Eisenoxydul im monoklinen Krystallsystem, und zwar in der holoëdrischen (monoklin-prismatischen) Klasse desselben. Daß die Symmetrie holoëdrisch ist, wurde von Baumhauer[3]) festgestellt, als Resultat seiner oben erwähnten Untersuchung über die Ätzfiguren, welche mit Wasser auf den verschiedenen Krystallflächen erzeugt werden.

Krystallsystem: Monoklin. Klasse: Holoëdrisch-prismatisch.

Axenverhältnisse: $a:b:c = 0,7377:1:0,4960$.

(Werte von Murmann und Rotter 0,7466 : 1 : 0,4950.)

1) Murmann und Rotter, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1859, **34**, 153.

2) K. v. Hauer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1860, **39**. 611.

3) H. Baumhauer, Pogg. Ann. d. Phys. 1873, **150**, 619.

4) St. Meyer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1899, **108** (IIa), 513. Ausz. diese Zeitschr. **35**, 207.

5) G. Wulff, Diese Zeitschr. 1901, **34**, 476.

6) E. v. Fedorow, Diese Zeitschr. 1909, **46**, 258.

Axenwinkel: $\beta = 106^\circ 50'$. (Wert von Murmann und Rotter $106^\circ 48'$.)

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $p\{110\}$, $p'''\{130\}$, $q\{011\}$, $r'\{\bar{2}01\}$, $o\{111\}$, $o'\{\bar{1}11\}$.

Habitus: Hauptsächlich tafelförmig nach $r'\{\bar{2}01\}$; häufig verlängert nach der Kante $[20\bar{1}:010]$, oder $[20\bar{1}:110]$; gelegentlich mit $c\{001\}$, $p\{110\}$, $r'\{\bar{2}01\}$ und $q\{011\}$ mehr oder weniger gleich entwickelt. (Murmann und Rotter beobachteten auch Tafelform nach $r'\{\bar{2}01\}$, Verlängerung nach der Kante $[20\bar{1}:1\bar{1}0]$ und vorherrschende Ausbildung von $c\{001\}$, $p\{110\}$ und $r'\{\bar{2}01\}$, mit untergeordneten $q\{011\}$, $o'\{\bar{1}11\}$ und $b\{010\}$. Siehe Fig. 1 für diesen letzten Typus.)

Die wohl bekannten, schwach blaugrünlichen Krystalle des Mohr'schen Salzes, Ammoniumferrosulfat-Hexahydrat, sind also gewöhnlich durch vorherrschende Entwickelung der Form $r'\{\bar{2}01\}$ charakterisiert, welche bei den sämtlichen anderen Salzen der isomorphen Reihe in der Regel nur eine untergeordnete Wichtigkeit besitzt. Vier typische Krystalle sind abgebildet in den Fig. 1, 2, 3 und 4, von welchen Fig. 1 aus der Mitteilung

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

von Murmann und Rotter reproduciert worden ist. Es wird aus den drei letzten von diesen Bildern klar hervorgehen, daß die Flächen von $r'\{\bar{2}01\}$ die am größten entwickelten aller anwesenden Formen sind. Die beiden Typen 3 und 4 sind stark (und Typus 2 etwas) tafelförmig nach dieser Form, und in der Tat wird Typus 4 nur von Typus 3 durch die größere Ausbildung der Basis $c\{001\}$ unterschieden, sowie auch der Flächen des Klinodomas $q\{011\}$. Die am besten entwickelten Flächen, nach denjenigen von $r'\{\bar{2}01\}$ und $c\{001\}$, sind diejenigen des primären Prismas

p{110} und der Hemipyramide *o'*{$\bar{1}$11}, und zwar sind diese beiden Formen gewöhnlich in ungefähr gleicher Größe ausgebildet, indem ihre Flächen die Kanten der *r'*-Flächen abschrägen. Die zwei Flächen des Klinopinakoids *b*{010} sind gewöhnlich anwesend, und bei Typus 2 sind die Krystalle parallel der Kante *br'* verlängert, sodaß die *b*-Flächen lang und schmal sind. Gute kleine Flächen der Hemipyramide *o*{111} waren an zwei der gemessenen Krystalle entwickelt; und sehr schmale Flächen von *p'''*{130} sind auf einem Krystall gefunden worden, ihre Reflexbilder aber waren weder hinreichend gut noch frei genug von Diffractionsbildern, um für mehr als Identificierungszwecke benutzt werden zu können.

Zwölf gut ausgebildete Krystalle sind gemessen worden, von welchen zehn klein und sehr vollkommen ausgebildet waren. Zwei waren viel größer, jedoch gaben sie vortreffliche einfache Reflexbilder des Websky-schen Signals. Die Krystalle sind aus vier verschiedenen Krystallisationen ausgewählt worden, welche unter idealen Bedingungen von langsamen Wachstum und Freiheit von Störung erhalten worden sind.

Die Reflexbilder waren bei den sämtlichen ausgewählten Krystallen meistens vortrefflich, wie man leicht aus der ausgezeichneten Übereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Werten der Krystallwinkel in der unten gegebenen Tabelle ersehen kann. Andere Krystallisationen waren durch Streifung der *c*- und *p*-Flächen sehr beeinflußt, eine bei dieser Salzreihe gewöhnliche Erscheinung.

Winkeltabelle. Die folgende Tabelle stellt die Resultate der Messungen dar. Die Werte von Kopp und von Murmann und Rotter sind in den letzten beiden Colonnen wiedergegeben.

Morphologische Winkel des Ammoniumferrosulfat-Hexahydrats.

Winkel:		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beob.:	Berechn.:	Diff.:	Werte von M.u.R.:	Werte von Kopp:
ac	= (100) : (001)	—	— —	—	73°10'	—	—	73°12'
as	= (100) : (101)	—	— —	—	44 52	—	—	—
sc	= (101) : (001)	—	— —	—	28 18	—	—	—
cr'	= (001) : ($\bar{2}$01)	13	64°26'—64°42'	64°35'	64 36	1'	64° 5'	—
cs'	= (001) : ($\bar{1}$01)	—	— —	—	38 36	—	—	—
s'r'	= ($\bar{1}$01) : ($\bar{2}$01)	—	— —	—	26 0	—	—	—
r'a	= ($\bar{2}$01) : ($\bar{1}$00)	—	— —	—	42 14	—	—	—
r'c	= ($\bar{2}$01) : (00$\bar{1}$)	14	115 15—115 37	115 26	115 24	2	—	—
ap	= (100) : (110)	—	— —	—	35 13	—	—	—
pp'	= (110) : (120)	—	— —	—	19 28	—	—	—
p'b	= (120) : (010)	—	— —	—	35 19	—	—	—
pp'''	= (110) : (130)	—	— —	—	29 30	—	—	—
p'''b	= (130) : (010)	—	— —	—	25 17	—	—	—
pb	= (110) : (010)	28	54 40 —54 55	54 47	*	—	54 29	—
pp	= (110) : (1$\bar{1}$0)	13	70 23 —70 31	70 26	70 26	0	71 7	71 30

Winkel:		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beob.:	Be-rechn.:	Diff.:	Werte von M.u.R.:	Werte von Kopp:
cq	= (001) : (011)	22	25°12'—25°34'	25°24'	*	—	25°16'	25°21'
qb	= (011) : (010)	16	64 27—64 41	64 36	64°36'	0'	—	—
ao	= (100) : (111)	—	—	—	48 1	—	—	—
oq	= (111) : (011)	1	—	26 55	26 49	6	—	—
aq	= (100) : (011)	—	—	—	74 50	—	—	—
qo'	= (011) : ($\bar{1}$11)	3	34 45—34 56	34 51	34 53	2	—	—
o'a	= ($\bar{1}$11) : ($\bar{1}$00)	—	—	—	70 17	—	—	—
co	= (001) : (111)	3	33 35—33 53	33 45	33 48	3	—	—
op	= (111) : (110)	3	42 29—42 35	42 31	42 31	0	—	—
cp	= (001) : (110)	21	76 9—76 33	76 19	*	—	76 24	—
po'	= (110) : (11$\bar{1}$)	24	58 45—59 0	58 54	58 53	1	58 41	—
o'c	= (11$\bar{1}$) : (00$\bar{1}$)	21	44 27—44 59	44 47	44 48	1	44 33	—
bn	= (010) : (121)	—	—	—	55 1	—	—	—
no	= (121) : (111)	—	—	—	15 42	—	—	—
bo	= (010) : (111)	—	—	—	70 43	—	—	—
os	= (111) : (101)	—	—	—	19 17	—	—	—
bo'	= (010) : ($\bar{1}$11)	32	65 8—65 20	65 15	65 16	1	—	—
o's'	= ($\bar{1}$11) : ($\bar{1}$01)	—	—	—	24 44	—	—	—
o'o'	= ($\bar{1}$11) : ($\bar{1}\bar{1}$1)	16	49 21—49 40	49 30	49 28	2	—	—
sq	= (101) : (011)	—	—	—	37 19	—	—	—
qp	= (011) : ($\bar{1}$10)	8	87 54—88 5	88 1	88 4	3	—	—
ps	= ($\bar{1}$10) : ($\bar{1}$0$\bar{1}$)	—	—	—	54 37	—	—	—
pq	= ($\bar{1}$10) : (0$\bar{1}\bar{1}$)	8	91 55—92 6	91 59	91 56	3	—	—
s'q	= ($\bar{1}$01) : (011)	—	—	—	45 6	—	—	—
qn	= (011) : (121)	—	—	—	26 10	—	—	—
np	= (121) : (110)	—	—	—	36 23	—	—	—
qp	= (011) : (110)	10	62 29—62 39	62 34	62 33	1	—	—
ps'	= (110) : (10$\bar{1}$)	—	—	—	72 21	—	—	—
pq	= (110) : (0$\bar{1}\bar{1}$)	10	117 21—117 31	117 26	117 27	1	—	—
r'o'	= ($\bar{2}$01) : ($\bar{1}$11)	34	35 11—35 25	35 18	35 16	2	—	—
o'p	= ($\bar{1}$11) : (110)	33	91 49—92 2	91 55	91 57	2	—	—
pr'	— (110) : (20$\bar{1}$)	33	52 38—52 54	52 47	52 47	0	—	—

Spaltungsrichtung. Die Krystalle spalten nach $r'\{\bar{2}01\}$, wie gewöhnlich bei dieser isomorphen Reihe. Nach Wulff ist die Spaltung nicht leicht, aber Verf. hat sie ziemlich vollkommen und leicht hervorzubringen gefunden.

Krystallisation im Magnetfelde. Bei einer Reihe von Untersuchungen über die Bildung von Krystallen verschiedener Salze aus ihren gesättigten Lösungen unter dem Einfluß eines magnetischen Feldes hat St. Meyer[4]) gefunden, daß in dem Falle des Ammonium-Eisenoxydulsulfats

Tafeln entstehen, deren kurze Diagonale mit den Kraftlinien zusammenfällt; diese Diagonale ist der Symmetrieebene parallel, denn die Platten waren wahrscheinlich parallel $r'\{\bar{2}01\}$.

Wachtumsgeschwindigkeit der Flächen und richtige Aufstellung. Das ausnahmsweise Vorherrschen des orthodiagonalen Pinakoids $r'\{\bar{2}01\}$ bei diesem Salz der Reihe, dem schwefelsauren Ammonium-Eisenoxydul, hat den Gegenstand der Untersuchung von Wulff[5]) (l. c.) gebildet. Wulff fand die Wachstumsgeschwindigkeit der verschiedenen Flächen wie folgt (in zunehmender Reihenfolge): $r'\{\bar{2}01\}$, $p\{110\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $o'\{\bar{1}11\}$, $q\{011\}$. Er gibt ein interessantes Bild, welches in Fig. 5 etwas kleiner wiedergegeben wird, und welches das Resultat des Eintauchens eines Krystalles von Ammonium-Zinksulfat mit genau gleich ausgebildeten Flächen in eine schwach übersättigte Lösung von Ammonium-Ferrosulfat darstellt. Der Krystall wurde vermittelst einer Gabel aus Platindraht in die Lösung eingehängt.

Fig. 5.

Nach der Erfahrung sowohl von Hauer als von Wulff ist Ammonium-Eisenoxydulsulfat das am leichtesten lösliche Salz dieser isomorphen Sulfatreihe, sodaß ein Krystall des Ammonium-Zinksalzes sich in einer gesättigten Lösung des Ammonium-Eisensalzes nicht auflöst; im Gegenteil wächst das letzte Salz sofort als eine Schicht auf dem Ammonium-Zinksalz. Anstatt des gleichen Fortwachsens auf den verschiedenen gleich ausgebildeten Flächen, zeigt der resultierende Krystall am Ende der doppelten Zeit (verglichen mit derjenigen, in welcher der innere Krystall gebildet worden war) die relative Flächenausdehnung, welche in Fig. 5 repräsentiert wird, und zwar proportional den wirklichen experimentellen Resultaten Wulff's für die Wachstumsgeschwindigkeit der verschiedenen Flächen. Nach den $r'\{\bar{2}01\}$-Flächen kommen in ihrer Ordnung die Flächen von $p\{110\}$ und $c\{001\}$ vor, also in der oben gegebenen Reihenfolge. Denn je langsamer das Wachstum (Anlagerung der Molekeln) des Salzes auf irgend einer Fläche, desto mehr herrscht jene Fläche an dem Krystalle vor, wegen des schnelleren Absatzes der Krystallsubstanz an ihren Kanten durch die schnellere Krystallisation der umgebenden Flächen.

Es ist daran zu erinnern, daß die folgenden Tatsachen durch die Arbeiten von Bravais, Sohncke und Curie festgestellt und in der Tat wieder durch die Untersuchungen von Wulff und von v. Fedorow vollkommen bestätigt worden sind:

Die am häufigsten an Krystallen entwickelten und zugleich die vorherrschend ausgebildeten Flächen sowie auch die Spal-

tungsebenen sind genau diejenigen, welche am dichtesten mit Punkten des Raumgitters besetzt sind.

Wulff, in seiner Übersicht über die Geschichte dieses Gegenstandes, sagt: »Sohncke stellt in Übereinstimmung mit Bravais die Hypothese auf, daß im allgemeinen die am dichtesten mit Molekeln besetzten Flächen am leichtesten sich an der Oberfläche des Krystalles bilden. Er vergleicht diese Hypothese Bravais' mit den theoretischen Auffassungen Curie's von dem Minimum der Oberflächenenergie und kommt zu der Schlußfolgerung, daß beide Theorien zu einem übereinstimmenden Resultate führen. Für eine Fläche von dichtester Besetzung können die Molekularkräfte keine Arbeit mehr leisten, weil die Teilchen einander nicht weiter genähert werden können; die potentielle Energie einer solchen Fläche muß also ein Minimum sein. In dem Maße, als die Flächendichtigkeiten der verschiedenen Krystallflächen geringere sind, müssen ihre Oberflächenenergien (oder Capillarconstanten) größer sein. Hiernach scheint es also in der Tat notwendig, daß die verschiedenen möglichen Krystallflächen an der wirklichen Begrenzung des Krystalles im allgemeinen in dem Maße geringeren Anteil nehmen, als ihre Flächendichtigkeiten geringere sind.«

Mit Rücksicht auf die vorwiegende Ausbildung der Flächen von $r'\{\bar{2}01\}$ beim Ammonium-Eisenoxydulsulfat betrachtet sie Wulff als so fundamental, daß er eine neue Aufstellung für die Zwecke der Beschreibung vorschlägt, bei welcher r' anstatt c als die Basis $\{001\}$ betrachtet wird. Die am nächsten wichtige Form p wird nach dieser Aufstellung $\{\bar{1}11\}$. Der Krystall ist in Fig. 5 nach dieser Aufstellung repräsentiert.

Man muß sich aber erinnern, daß diese große Entwicklung von r' eine ausnahmsweise ist, wenn man die ganze isomorphe Reihe betrachtet. Unter den 38 Salzen der Reihe, welche Verf. bis jetzt untersucht hat, gibt es nur ein einziges anderes Salz, schwefelsaures Rubidium-Cadmium, welches ein solches Vorherrschen von r' gezeigt hat, obgleich bei noch vier anderen Salzen: dem schwefelsauren Rubidium-Eisenoxydul, Cäsium-Eisenoxydul, Kalium-Kupfer und Cäsium-Kupfer, diese Form gut, aber nicht vorherrschend ausgebildet beobachtet worden ist. Im allgemeinen sind die Flächen des primären Prismas $p\{110\}$ und der Basis $c\{001\}$ in erster Linie von Wichtigkeit, und ihnen folgen zunächst, was ihre relative Wichtigkeit für die Ausbildung betrifft, die Flächen von $q\{011\}$ und $o'\{\bar{1}11\}$. Wulff selbst erwähnt, daß $p\{110\}$ sich als vorherrschend ausgebildet bei schwefelsaurem Ammonium-Zink erweist, und zwar ebensoviel vorherrscht, wie r' bei dem Ammonium-Eisensalz. Er nimmt an, daß die Ursache dieses Unterschiedes die Art des Wachstums in dem Krystallisationsgefäß ist. Die Krystalle des Ammonium-Zinksulfats wachsen meistens entweder mit $p\{110\}$ oder auf $c\{001\}$ in Berührung mit dem Boden des Gefäßes, sehr selten auf $b\{110\}$ (eine Form, welche in der ganzen Reihe selten stark entwickelt ist) und nie

auf r'. Im Gegensatz wachsen die Krystalle des Ammonium-Eisenoxydulsulfates am besten auf $r'\{\bar{2}01\}$, jedoch auch ohne Schwierigkeit auf $c\{001\}$ und $p\{110\}$, aber niemals auf $b\{010\}$. Also hat Wulff wahrscheinlich Recht bei seiner Voraussetzung.

Die Methode der Aufstellung der Krystalle der Salze dieser wichtigen isomorphen Reihe ist eingehend von v. Fedorow (l. c. S. 434) betrachtet worden. Die Aufstellung, welche der Verf.[1]) bei allen seinen Mitteilungen über diese Salzreihe gebraucht hat, ist diejenige, welche von Murmann und Rotter angewandt worden ist und ist in genauer Übereinstimmung mit der unzweideutigen holoëdrischen monoklinen Symmetrie. Diese Aufstellung ist nach v. Fedorow der Aufstellung von Wulff erheblich vorzuziehen, wenn man von dem Gesichtspunkte der reticulären Dichtigkeitsregel ausgeht. Die beiden Aufstellungen vom Verf. und von Wulff stimmen mit monokliner Symmetrie gleich gut überein; der einzige Unterschied ist eine Drehung um die Symmetrieaxe für den Übergang von der einen zu der anderen Aufstellung, und zwar so, daß r' in die Stellung von c gebracht wird. Denn diese beiden Ebenen liegen in der Orthozone, senkrecht zur Symmetrieebene und parallel zur Symmetrieaxe. v. Fedorow schlägt aber noch eine dritte Aufstellung vor, welche er als in besserer Übereinstimmung mit der Regel über Flächendichtigkeit stehend betrachtet, gegenüber der Aufstellung, welche vom Verf. angewandt wird (welch letztere Aufstellung viel besser als diejenige von Wulff ist). Sie besitzt aber den Nachteil, daß sie die monokline Symmetrie nicht klar und mit ihrer eigenen vollständigen Wichtigkeit darstellt resp. den monoklinen Charakter nicht beachtet. Denn in der Tat setzt v. Federow bei seiner Aufstellung voraus, daß »der Krystallcomplex als ein hexagonaloider von kubischen Typus erscheint, d. h. ein trigonaloider, und durch das Symbol

$$\begin{matrix} 3o; +13 \\ 47\tfrac{1}{2} \\ -\ 5\tfrac{1}{2} \end{matrix}$$

ausgedrückt wird. Der Buchstabe o oben weist auf die oktaëdrische Hauptstructur hin«. Die 3 vor dem o deutet den trigonaloiden Charakter an, welcher ähnlich demjenigen von Kalkspat sei, aber etwas deformiert aus der Form des regulären Rhomboëders. Das $+13$ deutet die Zahl der Grade von monosymmetrischer Deformation an, auf der $+$Seite der trigonalen Axe z, d. h. die Entfernungswinkel zwischen dem Centrum der stereographischen Projection, welches bei einem wahren trigonalen Krystall (z. B. Kalkspat) von dem Flächenpole (111) eingenommen ist, und der wirklichen Stellung des Poles der möglichen Fläche, welche bei der Fedorow'schen Aufstellung analog zu (111) auf dem deformierten Krystalle ist. Die centrische Zahl $47\frac{1}{2}$ repräsentiert die Zahl der Grade des Hauptwinkels

1) Diese Zeitschr. 1893, **21**, 494; siehe Fig. 1 für die stereographische Projection.

(111) : (001), d. h. zwischen der Basis und einer primären Rhomboëderfläche, bei der Voraussetzung des trigonaloiden Symmetrietypus und nach imaginärer Rückdeformation nach wahrer trigonaler Symmetrie. Die untere Zahl $-5\frac{1}{2}$ repräsentiert die Winkelabweichung von 30° der Pole auf dem Grundkreise, d. h. der Pole, welche ($\bar{1}10$) und ($\bar{2}11$) unter der Voraussetzung trigonaler Symmetrie entsprechen würden, und welche genau 30° sein würde, wenn gar keine Deformation vorhanden wäre.

Die folgende Transformationsgleichung ist von v. Fedorow gegeben worden (l. c. 6, S. 259), für die Umwandlung der Indices p_1, p_2, p_3, irgend einer Fläche bei der monosymmetrischen Aufstellung des Verfassers in die entsprechenden Indices q_1, q_2, q_3, bei der trigonaloiden Aufstellung v. Fedorow's: $q_1 : q_2 : q_3 = p_1 - p_2 + 2p_3 : p_1 + p_2 + 2p_3 : -2p_1$ resp. die Determinante

$$\begin{vmatrix} 1 & \bar{1} & 2 \\ 1 & 1 & 2 \\ \bar{2} & & \end{vmatrix}.$$

Die Indices der Hauptflächen bei den beiden Aufstellungen sind im Folgenden zusammengestellt; diejenigen des Verfassers sind wie gewöhnlich in Klammern eingeschlossen, diejenigen von v. Fedorow nicht, um beide leicht zu unterscheiden.

$c(001) = 110$, $r'(\bar{2}01) = 001$, $a(100) = 11\bar{2}$, $b(010) = \bar{1}10$, $q(011) = 130$, $o'(\bar{1}11) = 011$, $p(110) = 01\bar{1}$.

Um alles klar zu machen, werden die beiden stereographischen Projectionen beigegeben, für die monosymmetrische Aufstellung des Verfassers in Fig. 6 und für die trigonaloide v. Fedorow'sche Aufstellung in Fig. 7. Die Symmetrieebene wird gewöhnlich als Projectionsebene genommen (wie bei Fig. 1 in der Mitteilung von 1893 l. c. 1, S. 440), aber bei Fig. 6 wird, um

Fig. 6.

Fig. 7.

bessere Vergleichung mit Fig. 7 zu erlauben, die Symmetrieebene von dem verticalen Durchmesser repräsentiert, wie auch bei Fig. 7. Die in Fig. 6 und 7 gegebenen stereographischen Projectionen sind nach der gleichen Methode entworfen worden, welche bei den anderen Symmetriesystemen befolgt wird, nämlich mit den Polen (100) und ($\bar{1}00$) vorn und hinten, und den Polen (010) und ($0\bar{1}0$) rechts und links. Die Aufstellung des Krystalles nach v. Fedorow besitzt dieselbe verticale Axe wie bei der Aufstellung des Verf. und die a-Flächen sind auch ähnlicherweise vorn und hinten; aber der Krystall ist um diese verticale Axe um 180° gedreht, mit der Aufstellung des Verfassers verglichen, sodaß die obere r'-Fläche oben vorn und die c'-Fläche oben hinten liegen. Die r'-Fläche entspricht der Rhomboëderfläche $r(001)$ vom Kalkspat, und die c-Fläche der $e(110)$-Fläche vom Kalkspat.

Die Aufstellung v. Fedorow's entspricht also einem deformierten rhomboëdrischen Raumgitter, wofür die Differenz von wahrer trigonaler 30°-Symmetrie $5^1/_2{}^0$ ist und die Entfernung des Polpunktes (111) vom Centrum der Projection nicht weniger als 13°, während die Aufstellung des Verfs. einem der beiden genau monosymmetrischen Raumgitter entspricht.

Man wird bemerken, daß bei der v. Fedorow'schen Aufstellung die folgenden wichtigen Flächen abwesend sind, welche mit ihren Indices, aber ohne Polpunkte, in Fig. 7 angedeutet werden: {111} die Basis; vier der sechs Flächen des hexagonalen Prismas der ersten Art $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ (denn es sind nur $(11\bar{2})$ und $(\bar{1}\bar{1}2)$ entwickelt), die a-Flächen {100} der monosymmetrischen Aufstellung und zwei der drei Flächen des primären Rhomboëders {100}, denn es ist nur (001) anwesend, während (010) und (100) ganz fehlen. Außerdem, während es wahr ist, daß die sämtlichen sechs Flächen des hexagonalen Prismas der zweiten Art $\{10\bar{1}\}$ auftreten, sind jedoch vier von diesen die groß ausgebildeten Flächen des monosymmetrischen Prismas $p\{110\}$ und die anderen zwei die sehr kleinen und häufig abwesenden Flächen des Klinopinakoids $b\{010\}$; d. h. zwei offenbar ungleichwertige Formen von sehr verschiedener Ausbildung bilden zusammen das hexagonaloide Prisma von v. Fedorow. Es ist auch bemerkenswert, daß die Spaltung nur parallel $r'\{\bar{2}01\}$ geht, also nur parallel einer einzigen Ebene (001) des Rhomboëders, anstatt auch nach (010) und (100).

Von den beiden Aufstellungen besitzt diejenige von v. Fedorow den Vorteil, daß sie primären Flächen von größerer reticulärer Dichtigkeit entspricht, aber sie besitzt auch die Nachteile viel größerer und vielleicht unnötiger Complication, und der Abwesenheit der erwähnten wichtigen Flächen. Die Aufstellung des Verfs. ist im Gegenteil viel einfacher und offenbart sogleich die wichtige Tatsache wahrer monokliner Symmetrie. Es scheint dem Verf. kaum notwendig, die Voraussetzung einer Deformation aus irgend einem anderen Symmetriesystem zu machen, in diesem Falle aus dem trigonalen System, ohne sehr schwerwiegende und klar erscheinende Ur-

sachen, z. B. wie im Falle der rhombischen normalen Sulfate und Selenate, welche, während sie wahre rhombische Symmetrie darstellen, doch nur um wenige Minuten von wahrer hexagonaler Symmetrie abweichen. Für den Zweck der Tabellen der morphologischen Constanten, welche v. Fedorow mit so viel Arbeitsaufwand für den Gebrauch bei seiner krystallochemischen Analyse construiert hat, mag vielleicht diese trigonaloide Aufstellung notwendig sein. Aber wenn solche Complicationen unentbehrlich sind, scheint es dem Verf., daß die Methode der krystallochemischen Analyse selten in der gewöhnlichen Praxis angewandt werden wird. Also meint Verf., daß es besser sei, solche Complicationen wo immer möglich zu vermeiden und dadurch den Gebrauch der krystallochemischen Analyse zu erleichtern.

Was die Schlußfolgerungen über die topischen Axenverhältnisse betrifft, welche man aus den beiden Aufstellungen berechnen kann, werden genau dieselben Tatsachen von beiden angedeutet, sodaß es einerlei ist, welche Aufstellung man für diesen Zweck anwendet.

Fig. 8.

Die Ätzfiguren. Die Untersuchung der Ätzfiguren auf den verschiedenen Flächen durch H. Baumhauer lieferte Resultate, welche entschieden mit holoëdrischer monokliner Symmetrie übereinstimmen. Drei Salze der isomorphen Reihe sind studiert worden, nämlich Kalium-Nickelsulfat, Ammonium-Nickelsulfat und Ammonium-Eisenoxydulsulfat. Die Ätzfiguren auf den vorherrschenden Flächen von $r'\{\bar{2}01\}$ an dem schwefelsauren Ammonium-Eisenoxydul sind in Fig. 8 wiedergegeben, und diejenigen auf den Hauptflächen von Kalium-Nickelsulfat in Fig. 9 (S. 444).

Bei der Reproduction sind die Flächenbuchstaben der Originalfiguren Baumhauer's verändert worden, um der in dieser Mitteilung gegebenen Beschreibung des Krystalles zu entsprechen. Diejenigen von dem dritten Salze waren auch sehr ähnlich. Es ist klar, daß diese Ätzfiguren auf jeder Fläche vollkommen symmetrisch zu der einzigen Symmetrieebene $b\{010\}$ sind und mit der Anwesenheit einer zweizähligen Symmetrieaxe senkrecht der Ebene übereinstimmen. Also deuten sie klar an, daß die Symmetrie der Krystalle von holoëdrisch monoklinem Typus ist; weil sie die beiden Symmetrieelemente besitzen, und nicht nur eines, wie bei den beiden anderen Classen des monosymmetrischen Systems. Die Ätzfiguren sind ganz verschieden von denjenigen, welche von einem trigonalen Krystalle, z. B. Kalkspat, gefordert werden.

Fig. 9.

Vergleichung der morphologischen Constanten der vier Eisenoxydul enthaltenden Salze. In den zwei nächsten Tabellen werden diese Constanten vergleichungsweise zusammengestellt.

Vergleichung des Axenwinkels und der Axenverhältnisse.

	Axenwinkel: β	Axenverhältnisse: $a:b:c$
Kalium-Eisenoxydulsulfat	104° 32′	0,7377 : 1 : 0,5020
Rubidium-Eisenoxydulsulfat	105 44	0,7377 : 1 : 0,5004
Ammonium-Eisenoxydulsulfat	106 50	0,7377 : 1 : 0,4960
Cäsium-Eisenoxydulsulfat	106 52	0,7261 : 1 : 0,4953

Vergleichung der Krystallwinkel.

	K Fe-Sulfat:	*Rb Fe*-Sulfat:	*Cs Fe*-Sulfat:	*Am Fe*-Sulfat:
$ac = (100):(001)$	75° 28′	74° 16′	73° 8′	73° 10′
$as = (100):(101)$	46 9	45 24	44 34	44 52
$sc = (101):(001)$	29 19	28 52	28 34	28 18
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 21	64 8	65 8	64 36
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 23	38 38	39 7	38 36
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	24 58	25 30	26 1	26 0
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 11	41 36	41 44	42 14
$ap = (100):(110)$	35 36	35 23	34 49	35 13
$pp' = (110):(120)$	19 28	19 28	19 28	19 28
$p'b = (120):(010)$	34 56	35 9	35 43	35 19
$pb = (110):(010)$	54 24	54 37	55 11	54 47
$cq = (001):(011)$	25 56	25 43	25 21	25 24
$qb = (011):(010)$	64 4	64 17	64 39	64 36

	KFe-Sulfat:	*RbFe*-Sulfat:	*CsFe*-Sulfat:	*AmFe*-Sulfat:
ao = (100) : (111)	49° 21′	48° 35′	47° 42′	48° 1′
oq = (111) : (011)	27 37	27 17	27 6	26 49
aq = (100) : (011)	76 58	75 52	74 48	74 50
qo′ = (011) : $(\bar{1}11)$	34 35	34 51	35 20	34 53
o′a = $(\bar{1}11)$: $(\bar{1}00)$	68 27	69 17	69 52	70 17
co = (001) : (111)	34 56	34 26	33 57	33 48
op = (111) : (110)	43 17	42 48	42 16	42 31
cp = (001) : (110)	78 13	77 14	76 13	76 19
po′ = (110) : $(11\bar{1})$	57 13	57 57	58 38	58 53
o′c = $(11\bar{1})$: $(00\bar{1})$	44 34	44 49	45 9	44 48
bo = (010) : (111)	70 6	70 23	70 50	70 43
os = (111) : (101)	19 54	19 37	19 10	19 17
bo′ = (010) : $(\bar{1}11)$	65 20	65 15	65 22	65 16
o′s′ = $(\bar{1}11)$: $(\bar{1}01)$	24 40	24 45	24 38	24 44
sq = (101) : (011)	38 22	37 55	37 28	37 19
qp = (011) : $(\bar{1}10)$	85 55	87 1	88 20	88 4
ps = $(\bar{1}10)$: $(\bar{1}0\bar{1})$	55 43	55 4	54 12	54 37
s′q = $(\bar{1}01)$: (011)	45 10	45 16	45 29	45 6
qp = (011) : (110)	64 1	63 14	62 38	62 33
ps′ = (110) : $(10\bar{1})$	70 49	71 30	71 53	72 21
r′o′ = $(\bar{2}01)$: $(\bar{1}11)$	34 32	34 57	35 13	35 16
o′p = $(\bar{1}11)$: (110)	93 12	92 37	92 34	91 57
pr′ = (110) : $(20\bar{1})$	52 16	52 26	52 13	52 47

Was den monoklinen Axenwinkel β betrifft, so ist sein Wert bei dem Ammoniumsalze beinahe identisch mit dem Wert für das Cäsium-Eisenoxydulsulfat. Es ist interessant, daß eine ähnliche Tatsache für jede Salzgruppe dieser Reihe gefunden worden ist, welche bis jetzt vom Verf. untersucht wurde, nämlich bei den Magnesiumsulfat-, Magnesiumselenat-, Zinksulfat- und Zinkselenatgruppen, welche Kalium, Rubidium, Cäsium und Ammonium als die *R*-Basen enthalten.

Mit Hinsicht auf die Axenverhältnisse kann man nur sagen, daß die Werte bei dem Ammoniumsalze denjenigen der analogen Kalium-, Rubidium-, und Cäsiumsalze so sehr ähnlich sind, daß ohne Zweifel wahrer Isomorphismus existiert. In der Tat sind die *a*-Werte für Kalium, Rubidium- und Ammonium-Eisenoxydulsulfat absolut identisch.

Aus der Tabelle der Krystallwinkel und einer kritischen Analyse derselben gehen die folgenden Tatsachen hervor. Unter 36 verglichenen

Winkeln kommt die Winkelveränderung bei 32 Fällen in derselben Richtung vor, wenn Kalium durch Ammonium ersetzt wird, wie wenn Kalium durch Rubidium oder Cäsium ersetzt wird und die wenigen Ausnahmen (die Winkel *bo'*, *o's' s'q pr'*) kommen in Fällen vor, wo die Veränderung sehr gering ist. Also ist die Wirkung der Ersetzung des Kaliums durch Ammonium praktisch immer eine Winkelveränderung, welche in derselben Richtung wie bei der Ersetzung des Kaliums durch Rubidium oder Cäsium erfolgt.

Bei 29 dieser 32 Fälle ist der Betrag der ähnlichen Veränderung größer als wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird und bei der Mehrzahl (24) der Winkel ist er entweder approximativ derselbe (18 Fälle) wie wenn Cäsium mit Kalium vertauscht wird oder größer (11 Fälle) als jener Betrag.

Die durchschnittlichen und maximalen Winkelveränderungen für die verschiedenen Ersetzungen sind in der folgenden Tabelle gezeigt.

Ersetzung:	Durchschnitts-veränderung:	Maximal-veränderung:
K durch *Rb*	32'	72'
K » *Cs*	65	145
K » NH_4	62	148

Es geht aus diesen Zahlen hervor, daß sowohl die durchschnittliche Veränderung als auch die maximale Veränderung für die Ersetzung des Kaliums durch Ammonium beinahe genau dieselbe ist wie für die Ersetzung des Kaliums durch Cäsium und zweimal so groß als diejenigen, welche durch die Ersetzung von Kalium durch Rubidium verursacht wird. Diese wichtige Tatsache ist analog derjenigen, welche aus den Untersuchungen der Magnesium- und Zinkgruppen abgeleitet worden ist und stimmt genau mit dem eutropischen Charakter der kalium-, rubidium- und cäsiumenthaltenden Salze überein und mit dem bloß isomorphen Charakter der Ammoniumsalze, welche mit den Salzen der Alkalimetalle nicht eutropisch sind. Was diese morphologischen Constanten (die durchschnittlichen und maximalen Krystallwinkeländerungen) betrifft, findet bei der eutropischen Reihe directe Proportionalität mit dem Atomgewichte des Alkalimetalles statt. Im Falle des Ammoniumsalzes aber hat das Molekulargewicht gar keinen Einfluß und die Ersetzung von Kalium durch Ammonium ruft eine Veränderung hervor, welche ebenso groß ist wie wenn Cäsium für Kalium eingeführt wurde.

Volum.

Specifisches Gewicht. Sieben Bestimmungen des spec. Gewichtes sind mit kleinen vollkommenen und klar durchsichtigen Krystallen aus fünf verschiedenen Krystallisationen, vermittelst der Schwebemethode von Retgers, ausgeführt worden. Eine Mischung von Methylenjodid und Benzol wurde

als Schwebeflüssigkeit angewandt. Die folgenden Resultate sind in jedem Falle für den schwersten Krystall erhalten worden.

				Spec. Gewicht für $20^0/4^0$:
Best.	I.	Spec. Gewicht bei $16{,}7^0/4^0$	1,8618	1,8612
»	II.	» » » 17,8 /4	1,8616	1,8612
»	III.	» » » 17,6 /4	1,8621	1,8616
»	IV.	» » » 18,1 /4	1,8631	1,8627
»	V.	» » » 15,8 /4	1,8647	1,8639
»	VI.	» » » 18,5 /4	1,8638	1,8635
»	VII.	» » » 17,4 /4	1,8649	1,8644

Der angenommene Wert ist also **1,864** für $20^0/4^0$.

Frühere Werte von verschiedenen Beobachtern variieren von 1,81 bis zu 1,89. Die Ursache für solche Unterschiede ist nicht zu verstehen, wenn man die zufriedenstellende Übereinstimmung unter den obigen sieben Bestimmungen betrachtet.

Molekularvolum. $\frac{M}{d} = \frac{389{,}32}{1{,}864} = 208{,}86.$

Topische Axenverhältnisse. $\chi : \psi : \omega = 6{,}2094 : 8{,}4172 : 4{,}1749.$

Neue Bestimmung der specifischen Gewichte der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumferrosulfate. Um zuverlässige Vergleichungen der molekularen Constanten des schwefelsauren Ammonium-Eisenoxyduls mit denjenigen seiner Alkalimetall-Isomorphen zu erlauben, sind eine Reihe von neuen Bestimmungen der spec. Gewichte der drei letztgenannten Salze ausgeführt worden, vermittelst der Retgers'schen Schwebemethode, welche zuverlässigere Resultate als die beste Pyknometermethode liefert, sogar als diejenige, welche bei den Bestimmungen des Verfs. im Jahre 1896 gebraucht worden war. Die Resultate sind folgende:

Kalium-Ferrosulfat, $K_2Fe(SO_4)_2 . 6H_2O$.

Best.	I.	Spec. Gewicht bei $15{,}8^0/4^0$	2,1797.	Für $20^0/4^0$	2,1788
»	II.	» » » 15,8 /4	2,1785	» »	2,1776
»	III.	» » » 16,7 /4	2,1748	» »	2,1741
»	IV.	» » » 16,8 /4	2,1758	» »	2,1751

Bei Bestimmung I zeigte der schwerste Krystall eine Tendenz in der Schwebeflüssigkeit aufzusteigen, und bei Bestimmung III niederzusinken. Bei den Bestimmungen II und IV blieb der Krystall genau in der Mitte. Der angenommene Wert für dieses Salz bei $20^0/4^0$ ist also **2,177**.

Rubidium-Ferrosulfat, $Rb_2Fe(SO_4)_2 . 6H_2O$.

Best.	I.	Spec. Gewicht bei $17{,}0^0/4^0$	2,5184.	Für $20^0/4^0$	2,5177
»	II.	» » » 19,1 /4	2,5181	» »	2,5179

Also ist der angenommene Wert **2,518** für $20^0/4^0$.

Cäsium-Ferrosulfat, $Cs_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$.

Best. I.	Spec. Gewicht bei 18,5°/4°	2,7964.	Für 20°/4°	2,7960
» II.	» » » 18,4 /4	2,7959	» »	2,7955

Der angenommene Wert für 20°/4° ist also **2,796**.

Die im Jahre 1896 erhaltenen Werte für Kalium-, Rubidium- und Cäsium-Eisenoxydulsulfat waren 2,169, bezw. 2,516 und 2,791; also sind die neuen Resultate in allen drei Fällen etwas höher, wie zu erwarten war, da die Schwebemethode das Resultat für das spec. Gewicht des am meisten von Hohlräumen und Mutterlauge freien Krystalles liefert, welcher darzustellen möglich ist. Die höchsten Resultate im Jahre 1896 für die drei respectiven Salze waren 2,172, 2,520 und 2,793. Bei allen diesen neuen Bestimmungen sind kleine, vollkommen durchsichtige und gut ausgebildete Krystalle der drei Salze gebraucht worden.

Vergleichung der Volumconstanten der vier Eisen-enthaltenden Salze. In der nächsten Tabelle werden diese Constanten zusammen ausgesetzt.

Volumconstanten der Eisenoxydulgruppe.

Salz:	Molekular-gewicht:	Specifisches Gewicht:	Molekular-volum:	Topische Axenverhältnisse: $\chi : \psi : \omega$
KFe-Sulfat	431,16	2,177	198,05	6,0533 : 8,2056 : 4,1192
RbFe-Sulfat	523,26	2,518	207,81	6,1692 : 8,3628 : 4,1848
NH_4Fe-Sulfat	389,32	1,864	208,86	6,2094 : 8,4172 : 4,1749
CsFe-Sulfat	617,26	2,796	220,77	6,2621 : 8,6242 : 4,2716

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Volumconstanten (Molekularvolum und topische Axenverhältnisse) des Ammoniumsalzes sehr nahe denjenigen des Rubidiumsalzes stehen, ein Resultat welches allgemein für diese Reihe gefunden worden ist, so weit als die Salze der Reihe bisher vom Verf. untersucht worden sind. Was das Molekularvolum betrifft, so ist der Wert für Ammoniumferrosulfat etwas höher, um eine Einheit, als der Wert für Rubidiumferrosulfat. Bei den topischen Axenverhältnissen sind die Werte für χ und ψ des Ammoniumsalzes etwas höher als für das Rubidiumsalz, und im Falle des ω-Wertes sehr wenig niedriger.

Diese geringen Differenzen zwischen den Molekularvolumina und topischen Axenverhältnissen der Rubidium- und Ammoniumsalze sind viel kleiner als die Differenzen zwischen den Kalium- und Rubidiumsalzen, welche im Falle des Molekularvolums 9,76 beträgt, und noch viel kleiner als die Differenzen zwischen den Kalium- und Cäsiumsalzen, welche eine Molekularvolumdifferenz von 22,72 zeigen.

Es ist also klar, daß die Ersetzung von Kalium durch Ammonium nur von praktisch derselben Ausdehnung der Krystallstructur begleitet wird, wie wenn Rubidium für Kalium eintritt, und eine viel geringere Structur-

ausdehnung stattfindet, als wenn Cäsium anstatt Kalium eingeführt wird. Dieses wichtige Resultat ist in Einklang mit den Resultaten für die schon untersuchte schwefelsaure und selensaure Magnesium- und Zinkgruppe und chromsaure Magnesiumgruppe, sowie auch mit denjenigen für die einfachen Alkalisulfate und -selenate.

Optische Eigenschaften.

Orientierung der optischen Indicatrix. Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene $b\{010\}$, wie es durch die ganze isomorphe Reihe gemeinschaftlich der Fall ist. Die erste Mittellinie entspricht dem γ-Brechungsexponenten, und die zweite Mittellinie dem α-Index, also ist die Doppelbrechung positiv. Die Symmetrieaxe ist die Richtung, welche dem β-Brechungsexponenten entspricht.

Bestimmungen der Auslöschungsrichtungen auf der Symmetrieebene, an zwei vortrefflichen Schnittplatten, welche mit Hilfe des Schnitt- und Schleifgoniometers parallel der Symmetrieebene hergestellt worden sind, gaben die folgenden Resultate für die Stellung der zweiten Mittellinie hinter der Normale zu $c\{001\}$, für Natriumlicht.

Platte I.	8° 10′
Platte II.	8 6
Mittelwert	8° 8′

Also ist die erste Mittellinie 8° 8′ zur Axe a geneigt, und (weil der Axenwinkel $ac = 73°10'$) 8° 42′ zur Normale zu $a\{100\}$ oder 98° 42′ zur Axe c, nach vorn, für Na-Licht. Die zweite Mittellinie ist 8° 8′ hinter der Normale zu $c\{001\}$ geneigt, und sie liegt von der verticalen Axe c 8° 42′ nach vorn. Diese Orientierung wird aus Fig. 10 hervorgehen. Nach Murmann und Rotter bildet die erste Mittellinie 99° 43′ mit der c-Axe, und 7° 5′ mit der a-Axe. Nach Miller ist der erste Winkel 99° 6′.

Fig. 10

Fig. 11.

Vergleichung der Orientierung des optischen Ellipsoids der vier Eisenoxydul-enthaltenden Salze. Das optische Ellipsoid dreht sich um die Symmetrieaxe b, wenn eine Alkalibase durch eine andere ersetzt wird, und die Ordnung ist (nach vorn): Ammoniumsalz, Kaliumsalz, Rubidiumsalz, Cäsiumsalz, wie durch die Fig. 11 und die folgende Tabelle klar gemacht wird. Die Tabelle gibt die Stellungen bei den respectiven vier Salzen, welche jene Axe des Ellipsoids einnimmt, welche die zweite Mittellinie ist und der Indicatrixaxe α entspricht:

Neigung der Axe α der Indicatrix ($2M.L$) gegen die verticale Krystallaxe c, in Front der letzteren.

AmFe-Sulfat	8° 42′	*RbFe*-Sulfat	17° 9′
KFe »	11 57	*CsFe* »	28 17

Die Dispersion der Mittellinien in der Symmetrieebene ist bei sämtlichen vier Salzen sehr gering, und zwar zehn Minuten nicht übersteigend, sodaß die oben gegebenen Stellungen approximativ für alle Wellenlängen des Lichtes gelten. Die Stellung des Ellipsoids für das Ammoniumsalz ist so, daß die α-Axe nächst der Krystallaxe c ist, während das Ellipsoid sich mehr und mehr um die Symmetrieaxe b dreht, sodaß die α-Axe sich weiter und weiter von der Verticalität entfernt, wenn Kalium, Rubidium und bezw. Cäsium anstatt Ammonium eingeführt werden; die Umdrehung folgt also der Ordnung der Atomgewichte der Alkalimetalle. Diese Regel gilt auch bei den schon untersuchten Ammoniumsalzen (Selenaten sowohl als Sulfaten), welche Magnesium und Zink anstatt Eisen enthalten.

Brechungsexponenten. Sechs vortreffliche 60°-Prismen wurden mit Hilfe des Schneid- und Schleifgoniometers aus vollkommen klaren und durchsichtigen Krystallen geschliffen, welche aus drei verschiedenen Krystallisationen ausgewählt worden waren. Jedes Prisma lieferte direct zwei Brechungsexponenten; drei lieferten α und β, zwei gaben α und γ, und eins gab β und γ. Die Resultate werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Brechungsexponenten von schwefelsaurem Ammonium-Eisenoxydul.

Index:	Natur d. Lichtes:	Prismen 1, 2, 3:	Prismen 4 und 5:	Prisma 6:	Mittl. Brech.-Exp.:
α Schwingungsrichtung parallel der zweiten Mittellinie.	*Li*	1,4836—44	1,4837—9		1,4839
	C	1,4841—7	1,4843—4		1,4844
	Na	1,4866—74	1,4867—8		1,4870
	Tl	1,4893—900	1,4893—6		1,4896
	Cd	1,4906—15	1,4909—10		1,4911
	F	1,4922—30	1,4925—6		1,4926
	G	1,4969—74	1,4970—1		1,4971

Index:	Natur d. Lichtes:	Prismen 1, 2, 3:	Prismen 4 und 5:	Prisma 6:	Mittl. Brech.-Exp.:
β Schwingungsrichtung parallel der Symmetrieaxe *b*.	*Li*	1,4881—9		1,4881	1,4885
	C	1,4886—93		1,4886	1,4890
	Na	1,4910—20		1,4912	1,4915
	Tl	1,4940—5		1,4939	1,4942
	Cd	1,4954—62		1,4954	1,4957
	F	1,4969—79		1,4970	1,4972
	G	1,5016—24		1,5020	1,5019
γ Schwingungsrichtung parallel der ersten Mittellinie.	*Li*		1,4954—60	1,4956	1,4957
	C		1,4959—65	1,4961	1,4962
	Na		1,4989—91	1,4987	1,4989
	Tl		1,5018—8	1,5016	1,5017
	Cd		1,5032—2	1,5032	1,5032
	F		1,5046—9	1,5046	1,5047
	G		1,5094—4	1,5093	1,5094

Mittelwert von α, β und γ für *Na*-Licht = 1,4925.

Nach Murmann und Rotter sind die β-Exponenten für Rot, Gelb und Grün 1,487, 1,490 und bezw. 1,492.

Der mittlere Brechungsexponent β, auf das Vacuum corrigiert, ist für irgend eine Wellenlänge λ des Lichtes durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\beta = 1{,}4784 + \frac{494\,204}{\lambda^2} - \frac{885\,610\,000\,000}{\lambda^4} + \ldots.$$

Die α-Exponenten werden auch dargestellt, wenn man die Constante 1,4784 um 0,0046 vermindert, und die γ-Exponenten, wenn man die Constante um 0,0074 vergrößert.

Veränderung der Refraction durch Temperaturerhöhung. Bestimmungen der Brechungsexponenten sind bei 60° mit zwei der Prismen ausgeführt worden, welche α und β und bezw. α und γ lieferten. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle gegeben. Die zwei Reihen von α-Werten waren praktisch identisch, und zwar war die größte Abweichung für irgend eine Wellenlänge nur 0,0002; die in der Tabelle gegebenen Mittelwerte sind also sehr zuverlässig.

Brechungsexponenten von *AmFe*-Sulfat bei 60° C.

	α	β	γ
Li	1,4825	1,4865	1,4939
C	1,4830	1,4870	1,4944
Na	1,4857	1,4898	1,4971
Tl	1,4882	1,4925	1,4998
Cd	1,4898	1,4941	1,5014
F	1,4915	1,4958	1,5031

Diese Exponenten sind niedriger als diejenigen für die gewöhnliche Temperatur; im Durchschnitt sind die α-Werte 0,0013 geringer, die β-Werte 0,0017 kleiner, und die γ-Werte 0,0018 niedriger.

Vergleichung der Brechungsexponenten der vier Eisenoxydul-enthaltenden Salze. In der nächsten Tabelle werden die Indices aller vier Doppelsulfate dieser Gruppe verglichen.

Vergleichungstabelle der Brechungsexponenten.

Index:	Licht:	*KFe*-Sulfat:	*RbFe*-Sulfat:	*AmFe*-Sulfat:	*CsFe*-Sulfat:
α	*Li*	1,4731	1,4789	1,4839	1,4976
	C	1,4735	1,4793	1,4844	1,4980
	Na	1,4759	1,4815	1,4870	1,5003
	Tl	1,4782	1,4839	1,4896	1,5028
	F	1,4811	1,4870	1,4926	1,5061
	C	1,4852	1,4916	1,4971	1,5105
β	*Li*	1,4795	1,4847	1,4885	1,5007
	C	1,4799	1,4851	1,4890	1,5011
	Na	1,4821	1,4874	1,4915	1,5035
	Tl	1,4847	1,4898	1,4942	1,5061
	F	1,4877	1,4929	1,4972	1,5093
	C	1,4920	1,4973	1,5019	1,5137
γ	*Li*	1,4941	1,4949	1,4957	1,5065
	C	1,4945	1,4953	1,4962	1,5069
	Na	1,4969	1,4977	1,4989	1,5094
	Tl	1,4995	1,5003	1,5017	1,5121
	F	1,5028	1,5034	1,5047	1,5153
	C	1,5071	1,5080	1,5094	1,5198
Mittelrefraction $\frac{1}{3}(\alpha+\beta+\gamma)$		1,4850	1,4889	1,4925	1,5044
Doppelbrechung $Na_{\gamma-\alpha}$		0,0210	0,0162	0,0119	0,0091

Die sämtlichen Brechungsexponenten und auch der mittlere Brechungsexponent des Ammoniumsalzes sind also etwas größer als diejenigen des Rubidiumsalzes, und zwar denselben ziemlich nahestehend und bei weitem nicht so hoch wie diejenigen des Cäsiumsalzes, d. h. die Werte für das Ammoniumsalz liegen zwischen denjenigen für das Rubidium- und Cäsiumsalz, und zwar viel näher an denjenigen des Rubidiumsalzes.

Die Doppelbrechung, wie sie durch die Differenz zwischen den beiden äußersten Indices α und γ für Natriumlicht gemessen wird, ist auch

im Falle des Ammoniumsalzes zwischen den Werten für das Rubidium- und Cäsiumsalz, aber näher dem Werte für das Cäsiumsalz.

Vergleichung der Axenverhältnisse des optischen Ellipsoids. Die Werte der Axenverhältnisse der optischen Indicatrix und des optischen Velocitätsellipsoids von *AmFe*-Sulfat sind berechnet worden und mit denjenigen der entsprechenden Kalium-, Rubidium und Cäsiumsalze in den folgenden Tabellen verglichen, und zwar sowohl wenn die β-Axe jedes Salzes = 1 gesetzt wird, als auch wenn die β-Axe des Kaliumsalzes = 1 angenommen wird, um die Wirkung einer Alkalibase beim Ersatz durch eine andere auf die Dimensionen des Ellipsoids zu zeigen.

Axenverhältnisse der optischen Indicatrix.

	$\alpha : \beta : \gamma$	$\alpha : \beta : \gamma$
KFe-Sulfat	0,9958 : 1 : 1,0100	0,9958 : 1 : 1,0100
RbFe-Sulfat	0,9960 : 1 : 1,0069	0,9996 : 1,0036 : 1,0105
AmFe-Sulfat	0,9970 : 1 : 1,0050	1,0033 : 1,0063 : 1,0113
CsFe-Sulfat	0,9979 : 1 : 1,0039	1,0123 : 1,0144 : 1,0184

Axenverhältnisse des optischen Velocitätsellipsoids.

	a : b : c	a : b : c
KFe-Sulfat	1,0042 : 1 : 0,9901	1,0042 : 1 : 0,9901
RbFe-Sulfat	1,0040 : 1 : 0,9931	1,0004 : 1,9964 : 0,9896
AmFe-Sulfat	1,0030 : 1 : 0,9951	0,9967 : 0,9937 : 0,9888
CsFe-Sulfat	1,0021 : 1 : 0,9961	0,9879 : 0,9858 : 0,9819

Diese Zahlen deuten übereinstimmend an, daß die Dimensionen der Axen des optischen Ellipsoids, sei es die Indicatrix oder das optische Velocitätsellipsoid, des Ammoniumsalzes zwischen denjenigen der Rubidium- und Cäsiumsalze liegen, und wenn man die Totalveränderung (rechte Verhältnisreihe) betrachtet, liegen sie viel näher an denjenigen des Rubidiumsalzes. Man muß aber sich erinnern, daß das Ellipsoid sich um die Symmetrieaxe *b* dreht, nach der Ordnung der schon gegebenen Tabelle und wie in Fig. 11 repräsentiert ist, wenn eine Alkalibase durch eine andere ersetzt wird.

Die molekularen optischen Constanten. Die Constanten für das Ammoniumsalz sind aus den spec. Gewichten und den Brechungsexponenten berechnet worden, und sie werden mit denjenigen der drei analogen Eisenoxydul enthaltenden Salze in den folgenden Tabellen verglichen. Die letztgenannten drei Zahlenreihen sind neu berechnet und dabei die neu bestimmten Werte für die spec. Gewichte verwendet worden.

Tabelle der specifischen Refraction und Dispersion (Lorenz).

	Specifische Refraction $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$						Spec. Dispersion $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$		
	Für Strahl $C(H\alpha)$			Für Strahl $H\gamma$ nahe G					
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
AmFe-Sulfat . . .	0,1536	0,1548	0,1568	0,1570	0,1583	0,1603	0,0034	0,0035	0,0035
KFe-Sulfat . . .	0,1290	0,1305	0,1338	0,1317	0,1333	0,1367	0,0027	0,0028	0,0029
RbFe-Sulfat . . .	0,1127	0,1139	0,1159	0,1151	0,1163	0,1184	0,0024	0,0024	0,0025
CsFe-Sulfat . . .	0,1048	0,1053	0,1064	0,1071	0,1076	0,1087	0,0023	0,0023	0,0023

Tabelle der molekularen Refraction und Dispersion (Lorenz).

	Molekulare Refraction $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$						Molekul. Dispersion $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$		
	Für Strahl $C(H\alpha)$			Für Strahl $H\gamma$ nahe G					
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
KFe-Sulfat . . .	55,61	56,25	57,71	56,78	57,46	58,95	1,17	1,21	1,24
RbFe-Sulfat . . .	58,99	59,57	60,63	60,24	60,84	61,95	1,28	1,27	1,32
AmFe-Sulfat . . .	59,80	60,28	61,03	61,13	61,63	62,40	1,33	1,35	1,37
CsFe-Sulfat . . .	64,71	65,05	65,69	66,08	66,43	67,09	1,37	1,38	1,40

Molekulare Refraction (Gladstone und Dale).

	$\frac{n-1}{d}$ M für Strahl C			Mittelwert der Molekularrefraction $\frac{1}{3}(\alpha+\beta+\gamma)$ für Strahl C
	α	β	γ	
KFe-Sulfat . . .	93,78	95,05	97,94	95,59
RbFe-Sulfat . . .	99,60	100,81	102,93	101,11
AmFe-Sulfat . . .	101,17	102,13	103,64	102,31
CsFe-Sulfat . . .	109,94	110,62	111,91	110,82

Aus diesen Tabellen sind die folgenden Tatsachen abzuleiten.

Die specifische Refraction und Dispersion des Ammoniumsalzes sind beträchtlich höher als diejenigen der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze, welche drei letztgenannten Salze Werte zeigen, die sich progressiv mit Zunahme des Atomgewichtes des Alkalimetalles vermindern.

Die molekulare Dispersion des Ammoniumsalzes liegt zwischen den Werten für das Rubidium- und das Cäsiumsalz und näher an denjenigen des Cäsiumsalzes.

Die molekulare Refraction des Ammoniumsalzes, ob sie vermittelst der Formel von Lorenz oder derjenigen von Gladstone und Dale berechnet wird, ist sehr nahe, und zwar nur ganz wenig höher als der entsprechende Wert (was die Richtung in dem Krystall und seinen optischen Ellipsoid

betrifft) für das Rubidiumsalz. Die mittlere molekulare Refraction, bei welcher der Einfluß der Richtung in dem Krystall oder Ellipsoid eliminiert wird, folgt ebenfalls genau derselben Regel.

Optischer Axenwinkel. Drei vortreffliche Paare von Schnittplatten senkrecht zur ersten und zweiten Mittellinie sind mit Hilfe des Schneid- und Schleifgoniometers hergestellt worden, jedes Paar aus einer verschiedenen Krystallisation. In Bromnaphtalin lieferten sie alle prachtvolle Interferenzbilder mit sehr kleinen inneren Ringen und sehr scharfen Axenhyperbeln, und also erhielt man sehr zufriedenstellende Bestimmungen von $2Ha$ mit Platten 1, 2 und 3 (senkrecht zu ersten Mittellinie) und von $2Ho$ mit den Platten 1*a*, 2*a* und 3*a* (senkrecht zur zweiten Mittellinie). In Luft gaben auch die Platten 1 und 2 sehr gute Bestimmungen von $2E$; aber die Platte 3 war zu dick als daß man die Axenhyperbeln mit den doppelten verticalen Fäden ganz vollkommen zur Deckung bringen konnte, sodaß $2E$ mit dieser Platte sich nicht so genau ergab, obgleich diese Platte sehr ausgezeichnete Bilder in Bromnaphtalin und sehr genaue Bestimmungen von $2Ha$ lieferte.

Die Resultate der Messungen sind in den beiden folgenden Tabellen gegeben.

Scheinbare Winkel in Luft $2E$ von *AmFe*-Sulfat.

Licht:	Platte 1:	Platte 2:	Mittel $2E$:
Li	132°48′	133°27′	133° 8′
C	133 1	133 30	133 16
Na	133 56	134 38	134 17
Tl	135 8	135 15	135 12
Cd	135 25	135 44	135 35
F	135 42	136 11	135 57

Murmann und Rotter fanden für den mittleren Teil des Spectrums 135°42′.

Bestimmung des wahren optischen Axenwinkels in Bromnaphtalin:

Licht:	Nr. d. Platte senkrecht z. 1. Mittellinie:	Beobachtet $2Ha$:	Nr. d. Platte senkrecht z. 2. Mittellinie:	Beobachtet $2Ho$:	Berechnet $2Va$:	Mittel $2Va$:
	1	67°32′	1*a*	90°14′	76°14′	
Li . .	2	67 30	2*a*	90 11	76 14	76°16′
	3	67 36	3*a*	90 6	76 20	
	1	67 30	1*a*	90 1	76 18	
C . .	2	67 29	2*a*	90 6	76 15	76 18
	3	67 33	3*a*	90 0	76 21	

Licht:	Nr. d. Platte senkrecht z. 1. Mittellinie:	Beobachtet $2Ha$:	Nr. d. Platte senkrecht z. 2. Mittellinie:	Beobachtet $2Ho$:	Berechnet $2Va$:	Mittel $2Va$:
Na . .	1	67° 21′	1*a*	89° 26′	76° 29′	76° 25′
	2	67 17	2*a*	89 34	76 22	
	3	67 23	3*a*	89 39	76 24	
Tl . .	1	67 5	1*a*	89 0	76 30	76 28
	2	67 0	2*a*	89 4	76 24	
	3	67 7	3*a*	89 4	76 29	
Cd . .	1	66 56	1*a*	88 43	76 32	76 30
	2	66 50	2*a*	88 44	76 27	
	3	66 58	3*a*	88 49	76 30	
F . .	1	66 49	1*a*	88 26	76 35	76 33
	2	66 47	2*a*	88 31	76 31	
	3	66 45	3*a*	88 26	76 32	

Der von Murmann und Rotter gefundene wahre optische Axenwinkel war 76° 52′, und sie gaben auch an, daß $\varrho < v$, was mit der Ordnung der Werte des Verfs. für die verschiedenen Wellenlängen des Lichtes übereinstimmt. Miller fand $2Va = 75° 49'$.

Dispersion der Mittellinien. Bestimmungen des wahren optischen Axenwinkels $2Va$ in Toluol, dessen Brechungsexponent beinahe identisch mit dem Mittelexponent des Krystalles ist, gaben Ablesungen, welche andeuteten, daß die erste Mittellinie in solcher Weise in der Symmetrieebene dispergiert ist, daß für rotes Licht sie der a-Axe um 9 Minuten näher liegt als für grünlich-blaues F-Licht. Dieses ist das Mittel von zwei Bestimmungen, welche 10 und bezw. 8 Minuten lieferten. Also ist die geneigte Dispersion der Mittellinien sehr gering. Es sind dabei die Platten 2 und 3 gebraucht worden, und die Orientierung der Schliffflächen war mit Beziehung auf die natürlichen Krystallflächen genau bekannt. Die Ringe waren in Toluol vortrefflich, sehr klein und mit sehr scharfen Hyperbeln.

Wirkung einer Temperaturerhöhung auf den optischen Axenwinkel. Die Platte 2 ist bei höheren Temperaturen untersucht worden. Der optische Axenwinkel vermindert sich, wenn man die Temperatur des Krystalles erhöht. Bei 60° C. sind die folgenden Werte erhalten worden.

Optischer Axenwinkel $2E$ bei 60° C.

Für *C*-Licht	130° 2′
» *Na* »	130 42
» *Tl* »	131 46

Also vermindert sich der optische Axenwinkel $2E$ um ca. 4°, wenn die Temperatur des Krystalles um 50° erhöht wird.

Vergleichung der optischen Axenwinkel der vier Eisenoxydul-enthaltenden Salze. In der nächsten Tabelle werden die optischen Axenwinkel der vier Salze dieser Gruppe miteinander verglichen.

Vergleichungstabelle der optischen Axenwinkel $2Va$.

	KFe-Sulfat:	*RbFe*-Sulfat:	*CsFe*-Sulfat:	*AmFe*-Sulfat:
Li	67° 1′	73° 24′	75° 2′	76° 16′
C	67 2	73 23	75 0	76 18
Na	67 7	73 21	74 51	76 25
Tl	67 12	73 18	74 42	76 28
F	67 19	73 13	74 31	76 33

Also ist der optische Axenwinkel des Ammoniumsalzes etwas größer als derjenige des Cäsiumsalzes, welches den höchsten Axenwinkel unter den drei Alkalimetall-enthaltenden Salzen besitzt. Dieses ist auch bei den Salzen der Zink-enthaltenden Doppelsulfat-Gruppe gefunden worden, während bei den Doppelselenaten, welche Zink als M-Metall enthalten, der Wert für das Ammoniumsalz etwas niedriger als derjenige für das Cäsiumsalz gefunden worden ist. Bei allen drei untersuchten Gruppen also ist der Wert für das Ammoniumsalz in der Nähe desjenigen für das Cäsiumsalz, und zwar bald an einer Seite und bald an der anderen Seite.

Zusammenfassung der Schlußfolgerungen.

Das Ammonium-Eisenoxydul-Sulfat ist ein sehr typisches Glied der isomorphen Reihe $R_2M\left(\begin{matrix}S\\Se\end{matrix}O_4\right)_2 . 6H_2O$. Die Krystalle sind gewöhnlich besonders klar durchsichtig und sehr gut ausgebildet, und durch ihre schwach blaugrüne Farbe und durch die ausnahmsweise vorherrschende Ausbildung des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ von anderen Gliedern der Reihe leicht zu unterscheiden.

Dieselben Tatsachen sind beobachtet worden, welche aus den Untersuchungen[1] über die schwefelsauren und selensauren Ammonium-Magnesium und Ammonium-Zinksalze der Reihe abgeleitet worden sind, nämlich, daß das Ammoniumsalz irgend einer Gruppe zwar isomorph, aber nicht eutropisch mit den Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalzen der Gruppe ist, während die drei letztgenannten Alkalimetallsalze unter sich zwar eutropisch sind und streng der Regel der Progression nach dem Atomgewichte des Alkalimetalles folgen.

---

1) A. E. H. Tutton, Diese Zeitschr. 1905, **41**, 321.

Die Krystallwinkel. Winkelveränderungen derselben Ordnung und meistens in derselben Richtung werden hervorgerufen, wenn Kalium durch Ammonium ersetzt wird, wie wenn Kalium durch Rubidium oder Cäsium ersetzt wird. Sowohl die Durchschnittsveränderung als die maximale Winkelveränderung bei der Ammoniumersetzung sind beinahe genau dieselben wie bei der Ersetzung von Kalium durch Cäsium, und zweimal so groß, als wenn Kalium durch Rubidium ersetzt wird. Auch ist der monosymmetrische Hauptwinkel β (Axenwinkel ac) für das Ammonium-Eisenoxydulsulfat beinahe identisch mit demjenigen für schwefelsaures Cäsium-Eisenoxydul. Die morphologischen Axenverhältnisse des Ammoniumsalzes sind so sehr ähnlich denjenigen der analogen Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze, um wahren Isomorphismus, aber nicht Eutropismus, anzudeuten.

Die Raumdimensionen-Constanten, das Molekularvolum und die topischen Axenverhältnisse des Ammonium-Eisenoxydulsulfates sind sehr nahe denjenigen des Rubidiumsalzes der Gruppe. Das Molekularvolum des Ammoniumsalzes ist nur um eine Einheit verschieden, und zwar höher, als der Wert für Rubidium-Eisenoxydulsulfat, während eine Differenz von 9,8 Einheiten zwischen dem Kalium- und Rubidiumsalze besteht und eine noch größere Differenz, 13 Einheiten, zwischen dem Rubidium- und Cäsiumsalze der Gruppe. Die Richtungsconstanten, die topischen Axenverhältnisse für das Ammoniumsalz, liegen sehr nahe an denjenigen des Rubidiumsalzes, und zwar was χ und ψ betrifft etwas höher und was ω betrifft sehr wenig niedriger.

Also ist es klar, daß die Ersetzung von Kalium durch Ammonium von einer kaum größeren Volumzunahme oder Volumveränderung begleitet wird als wenn Rubidium für Kalium eintritt. In anderen Worten wird die Ersetzung von Rubidium durch Ammonium, also zwei metallische Atome durch zehn nicht-metallische (N und H) Atome, kaum von irgend einer Volum- oder Dimensionsveränderung begleitet. Dieses ist sehr wichtig für die Structurtheorie. Die Einführung von Cäsium oder Kalium anstatt Rubidium ruft im Gegenteil sehr beträchtliche Volum- und Richtungsdimensionenveränderungen hervor. In diesen wichtigen Punkten bestätigen die jetzt mitgeteilten Resultate vollkommen diejenigen, welche im Jahre 1905 für die Magnesium- und Zinkgruppe dieser Doppelsalzreihe mitgeteilt worden sind.

Orientierung der optischen Ellipsoide. Eine Umdrehung des optischen Ellipsoides, um die Symmetrieaxe, findet in folgender Ordnung statt: Ammoniumsalz, Kaliumsalz, Rubidiumsalz, Cäsiumsalz, und zwar nach vorn von der Verticalaxe des Krystalles, wenn man von einem Salz zu einem anderen übergeht.

Brechungsexponenten. Die sämtlichen Brechungsexponenten und auch der Mittelbrechungsexponent des Ammonium-Eisenoxydulsulfat liegen

ziemlich nahe an denjenigen des Rubidiumsalzes, und zwar etwas höher, jedoch bei weitem nicht so hoch wie diejenigen des Cäsiumsalzes. Auch liegt der Wert für die Doppelbrechung bei dem Ammoniumsalze zwischen den Werten dieser Constanten für die Rubidium- und Cäsiumsalze, aber in diesem Falle näher an den Werten für das Cäsiumsalz.

Also liegen auch die Dimensionen der Axen des optischen Ellipsoides und der Ellipsoide selbst zwischen denjenigen für die Rubidium- und Cäsiumsalze, und zwar viel näher an denjenigen des Rubidiumsalzes.

Die molekularen optischen Constanten. Die specifische Refraction und die Dispersion des Ammoniumsalzes sind viel höher als bei den metallischen Salzen, welche drei letzteren sich nach dem Fortschreiten des Atomgewichtes anordnen. Die molekulare Dispersion des Ammoniumsalzes liegt zwischen den Werten für das Rubidium- und Cäsiumsalz, und zwar näher an denjenigen für das letztgenannte Salz.

Die molekulare Refraction (nach Lorenz oder Gladstone) und auch die mittlere molekulare Refraction ($\frac{1}{3}$ $[\alpha + \beta + \gamma]$) für das Ammoniumsalz kommt dem entsprechenden Wert für das Rubidiumsalz sehr nahe, und zwar liegt sie ein klein wenig höher als derselbe.

Alle diese Resultate sind von der Temperatur unabhängig, weil Messungen der Refraction bei höheren Temperaturen ausgeführt worden sind und dabei Verminderung derselben gefunden wurde, also Veränderung nach derselben Richtung wie das specifische Gewicht, wenn man die Temperatur des Krystalles erhöht.

Optischer Axenwinkel. Die Werte dieses Winkels für das Ammoniumsalz sind etwas größer als für das Cäsiumsalz, und die Dispersion für die verschiedenen Wellenlängen des Lichtes ist sehr gering und bei den sämtlichen vier Salzen der Gruppe sehr ähnlich. Die Werte dieser Constante sind in complicierter Weise mit den Gesamtveränderungen, den schon betrachteten Axendimensionen des optischen Ellipsoides und der Umdrehung desselben verbunden, sowie auch mit der Veränderung der Doppelbrechung, und diese Eigenschaft (optischer Axenwinkel) ist folglich nicht so bequem für eine Vergleichung als jene erwähnten anderen einfachen Eigenschaften selbst, bei welcher genaue Regeln festgestellt wurden, in Übereinstimmung mit den Regeln, welche aus den früheren Untersuchungen des Verfs. abgeleitet worden sind.

Hauptschlußfolgerung. Also sind die jetzt mitgeteilten Resultate genau in Einklang mit denjenigen, welche aus den Untersuchungen über schwefelsaures und selensaures Ammonium-Magnesium und Ammonium-Zink (l. c. S. 457) erhalten worden sind, und auch mit denjenigen, welche in der letzten Zeit[1]) für die Stellung des chromsauren Ammonium-Magnesiums in

---

1) A. E. H. Tutton, Diese Zeitschr. 1912, **51**, 82.

der chromsauren Magnesiumgruppe dieser großen isomorphen Reihe gefunden worden sind.

Es ist der isomorphe, aber nicht eutropische Charakter der Ammoniumsalze als Glieder dieser wichtigen und großen isomorphen Reihe

$$R^2M\begin{pmatrix} S \\ SeO_4 \\ Cr \end{pmatrix}_2 . 6\,H_2O$$

mit Nachdruck als Hauptresultat auszusprechen, und die seltsame und überraschende Tatsache, daß kaum irgendeine Structurdimensionenveränderung eintritt, wenn Rubidium in irgend einem Salze der Reihe durch Ammonium ersetzt wird oder vice versa, daß also die zwei metallischen Atome von Rubidium durch zwei Stickstoffatome und acht Wasserstoffatome ersetzt werden, ohne bemerkbare Störung der Structur oder der Structurdimensionen.

XXVII. Die Pyritzwillinge.

Von

Gotthard Smolař in Jičín (Böhmen).

Hierzu Taf. VI—XI.

I. Einleitung.

Schon bei einer oberflächlichen Beobachtung der Pyritdrusen wird unsere Aufmerksamkeit oft von Verwachsungen der Krystalle gefesselt, deren Flächen oder Kanten parallel sind. In anderen Fällen ist eine Kante eines Krystalles mit einer Fläche eines anderen parallel. V. Goldschmidt[1]) macht auf diese Eigenschaft der Krystallverwachsungen aufmerksam, aber näher bestimmt er die gegenseitige Lage der Krystalle nicht. Er constatiert bloß, daß die einaxige Verwachsung der Krystalle sehr verbreitet ist; bisher aber ist sie Gegenstand eingehenden, systematischen Studiums noch nicht geworden, so sehr sie es verdiente. Diese Verwachsungsaxe kann entweder eine Normale auf eine mögliche Krystallfläche oder eine Zonenaxe sein, wodurch entweder eine einflächige oder eine einzonige Verwachsung entsteht. Oft ist eine Zonenaxe zugleich eine Normale auf einer möglichen Fläche, sodaß in diesem Falle die einflächige zugleich eine einzonige Verwachsung ist. Ist der Krystall um diese Axe gedreht, sodaß auch andere mögliche Krystallflächen der beiden Krystalle zusammenfallen, so führt diese Verwachsung zu einem Zwillinge im gewöhnlichen Sinne, wenn man dabei die Zwillingsebene oder die hemitrope Axe rational definieren kann.

Schon früher habe ich mich mit Studien dieser Verwachsungen an verschiedenen Mineralen, besonders am Pyrit beschäftigt, indem ich mir eine selbständige, analytische Rechnungsmethode[2]) zusammengestellt habe.

---

1) V. Goldschmidt, Über nicht parallele Verknüpfung der Krystallpartikel. Diese Zeitschr. 1898, **29**, 377, und Über Heterozwillinge; ebenda 1907, **43**, 585.

2) G. Smolař, Beiträge zur Berechnung der Zwillinge. Diese Zeitschr. 1890, **18**, 468; 1901, **35**, 480; 1907, **43**, 261. Rozpravy České Akademie pro vědy, slovesnost a umění v Praze, II. třída, roč. XV, 1906, čís. 21, 39. Bulletin international de l'Académie de Sciences de Bohême 1906, XI, 1907, XII.

Dabei habe ich erkannt, daß diese Verwachsungen für den Pyrit ebenso charakteristisch sind wie seine Krystallflächen. Ganz andere Erscheinungen bemerken wir bei der Beobachtung der Pyritwürfel im Vergleich mit den Verwachsungen der Steinsalz- oder Fluoritwürfel. Es ist daran interessant zu erkennen, welche Regeln man aus den beobachteten Fällen der Verwachsungen ableiten kann.

Eine wichtige Bedingung der gesetzmäßigen Verwachsung ist die Wiederholung der Fälle nach demselben Prinzip. Soll man die Wiederholung der Verwachsung beweisen, so ist es nötig, früher die gegenseitige Lage der verwachsenen Krystalle zu bestimmen und die erhaltenen Resultate zu vergleichen, denn die Verwachsungen, die bei den Durchwachsungszwillingen oft ganz verschieden erscheinen, lassen sich oft auf dieselbe Weise erklären. Der verschiedene Habitus derselben richtet sich darnach, aus welcher Fläche des normalen Krystalles das gedrehte Individuum hervorragt.

Auf den Flächen der Pyritkrystalle sieht man gewöhnlich eine Streifung, welche durch oscillierende Combination verschiedener Flächen verursacht wird. Dadurch werden die Signale im Reflexionsgoniometer vervielfacht, sodaß diese einzelnen Signale zum Messen der Krystalle unbrauchbar sind. Bei der symmetrischen Ausbreitung der Streifungsflächen ist oft auch die Zerlegung der Signale im Reflexionsgoniometer symmetrisch, sodaß man behufs annähernder Bestimmung der Flächenlage aus der Reihe der Signale nur das erste und das letzte Signal am Teilkreise ablesen und aus diesen beiden Ablesungen das arithmetische Mittel berechnen kann[1]).

Zur Messung der Flächenwinkel, welche zwischen den Zwillings- und benachbarten Krystallkanten sich befinden, habe ich mir bei der Firma R. Fueß in Steglitz nach meiner Skizze den Verticalilluminator[2]) construieren lassen, den man mit einer Schraube an das Reflexionsgoniometer IV^a bequem befestigen kann.

Zur Bestimmung der Lage der verwachsenen Krystalle ist es oft wichtig, den Parallelismus der Zwillingskanten mit den Krystallkanten sicherzustellen, was am sichersten bei der Messung mit Reflexionsgoniometer bewiesen werden kann, wenn die zugehörigen Flächen in einer Zone liegen. Bei anderen Umständen kann man den Parallelismus der Kanten bei derselben Fläche bestätigen, wenn man den Krystall, welcher nach einer Kante justiert und centriert ist, mit dem Centrierapparate schiebt, bis die andere Kante mit dem verticalen Faden des Ocularkreuzes zusammenfällt.

An großen Krystallen, welche man auf dem Reflexionsgoniometer nicht befestigen kann, erforscht man den Parallelismus einer Zwillingskante mit der

---

1) Die Messung der Krystalle führe ich mittelst des Reflexionsgoniometers Nr. IV^a mit dem Websky'schen Spalte von R. Fueß in Steglitz aus.

2) Die Beschreibung des Verticalilluminators siehe in dieser Zeitschr. 1908, **44**, 390; Příroda 1908, **6**, 266.

benachbarten Krystallkante dadurch, daß man die Fläche, welche mit parallelen Kanten umgrenzt ist, mit einer Lupe durch eine geschliffene Glasscheibe betrachtet, in welche in Entfernungen von $\frac{1}{3}$ mm feine, parallele Geraden eingraviert sind. Fließen die beobachteten Kanten mit den eingravierten Geraden auf der Glasscheibe zusammen oder läuft dabei eine Kante parallel zwischen zwei eingravierten Geraden, während die andere Kante mit einer Geraden zusammenfällt, so erkennen wir, daß bei paralleler Lage der beiden Flächen beide beobachtete Kanten parallel sind.

Den Parallelismus von zwei benachbarten Flächen erkennt man dadurch, daß ihre Signale im Reflexionsgonimeter sich durchkreuzen oder daß ihr Reflex von einer entfernten Lichtquelle bei Drehung der Krystalle von beiden Krystallflächen gleichzeitig beginnt und gleichzeitig endet.

Sind die Krystalle groß, sodaß man sie auf dem Reflexionsgoniometer nicht befestigen kann, so kann man die concaven Zwillingskanten annäherungsweise mit einem aus Schoellershammerpapier ausgeschnittenen Winkel messen, den man in senkrechter Stellung in den Winkel der Zwillingskante einlegt. Dadurch kann man eine ähnliche Annäherung beim Messen erzielen, wie mit einem Anlegegoniometer. Vergleiche in dieser Hinsicht den Vortrag des Dr. Focke über Albit[1]).

An großen Krystallen kann man den Winkel zwischen zwei Kanten in derselben Ebene annäherungsweise messen, wenn man einen Seidenfaden oder ein feines Haar an einen gläsernen, kreisförmigen Transporteur[2]) nach dem berechneten Winkel aufspannt und die Übereinstimmung dieses Winkels mit dem gemessenen mit der Lupe abschätzt, nachdem man den Transporteur an die reflektierende Fläche angelegt hat. Die Resultate dieser zwei letzten Annäherungsmethoden bezeichne ich in der Schlußübersicht mit Fragezeichen.

Die beschriebenen Erscheinungen sind an Pyritkrystallen ganz gewöhnlich, sodaß man fast auf jeder Druse von schönen Krystallen Belege für die in dieser Arbeit erwähnten Beispiele finden kann, aber die Krystalle sind selten in solcher Lage, daß sie für den Beweis durch genaues Messen brauchbar sind. Das ist eine von den Ursachen, warum diese Erscheinungen bisher übersehen worden sind. Die zweite Ursache dieses Übersehens ist, daß die bisherige Grundlage für die Berechnung der Zwillinge in den geometrischen Krystallographien zu eng war, denn sie bezog sich nur auf die hemitrope Axe, sodaß die Kenntnis der Zwillingsebene und der Zwillingsaxe schon vorher vorausgesetzt wurde und die Berechnung nur die Bestätigung der Übereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten

1) Dr. F. Focke, Über den als Desmin angesehenen Albit von Schlaggenwald. Tschermak's Mineral. Mitteilungen N. F. 1903, **22**, 488. Ref. diese Zeitschr. **41**, 497.

2) Von der Firma R. Fueß in Steglitz.

Winkeln bezweckte. Dagegen zeigt die Anleitung zur Berechnung der Zwillinge in G. Smolař's oben angeführten Schriften, wie man die Zwillingsebene und die Zwillingsaxe aus verschiedenen gegebenen Bedingungen auf verschiedene Weise ableiten kann. Dadurch wurde es ermöglicht, auch compliciertere Verhältnisse bei den Zwillingen zu lösen. Nur R. W. H. T. Hudson leitet einige allgemeine Formeln für die Drehung um einen beliebigen Winkel ab [1]).

Da die Pyritkrystalle sich durch großen Formen- und Flächenreichtum auszeichnen, so ist es auch wahrscheinlich, daß auch ihre gesetzlichen Verwachsungen auf verschiedene Weise zustande kommen.

Die Messungen führte ich hauptsächlich an Stufen von Příbram aus, daneben auch an Exemplaren von anderen Fundorten in den Sammlungen der Prager böhmischen Universität, des Prager Landesmuseums, der k. k. Bergakademie in Příbram, des k. k. Hofmuseums und der Universität in Wien, in den Sammlungen des Bayerischen Staates und der Technischen Hochschule in München, im königl. Museum und in der Technischen Hochule in Dresden, in den Gymnasialsammlungen in Kremsmünster, und durch die Güte der betreffenden Kustoden wurden mir die ausgewählten Stücke zur Durchforschung geliehen. Dafür spreche ich ihnen meinen aufrichtigsten Dank aus.

II. Übersicht der bekannten Zwillinge im kubischen Krystallsytem (bis zum Jahre 1911).

1. In der dyakisdodekaëdrischen, tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen (Pyrit) und hexakistetraëdrischen (Diamant) Klasse ist das häufigste Zwillingsgesetz, daß die hemitrope Zwillingsaxe senkrecht auf {110} steht. Die gegenseitige Lage der Krystalle kann man auch dadurch bestimmen, daß der zweite Krystall aus der normalen Lage des ersten um die Hauptaxe, welche normal auf {100} steht, um 90° gedreht ist. Das sind nach Haidinger Ergänzungszwillinge oder nach Tschermak sympolare[2]) Zwillinge.

Bei den parallelflächigen Krystallen kann man diese Verwachsung durch die Zwillingsebene {110} erklären, welche senkrecht auf der hemitropen Zwillingsaxe steht. R. Köchlin[3]) bemerkte am Pyrit Zwillinge nach der Zwillingsebene {110}, aber keine Penetrationszwillinge des eisernen Kreuzes, sondern Contactzwillinge, bei denen die Verwachsungsebene eine Fläche von {111} ist.

---

1) R. W. H. T. Hudson in dieser Zeitschr. im Jahre 1901, **34**, 339, also um zehn Jahre später nach der ersten, oben erwähnten G. Smolař'sche Publikation.

2) G. Tschermak, Einheitliche Ableitung der Krystallisations- und Zwillingsgesetze. Diese Zeitschr. 1904, **39**, 456.

3) R. Köchlin, Über Pyrit von Rudobanya. Min.-petr. Mitt. 1907, **25**, 527—531. Ref. diese Zeitschr. **45**, 502.

In der hexakistetraëdrischen Klasse, z. B. beim Diamant, kann man die Zwillingslage durch Zwillingsebene {100} erklären, aber die hemitrope Zwillingsaxe steht hier senkrecht auf der Ebene {110}. Hier also steht die Zwillingsebene nicht senkrecht auf der hemitropen Zwillingsaxe[1]).

Die Natriumuranylacetatzwillinge nach {110} s. bei A. Johnsen[2]).

2. Bei Krystallen des kubischen Systems sind sehr verbreitet die Zwillinge, bei denen die hemitrope Zwillingsaxe eine Normale auf der Fläche {111} ist. Bei den parallelflächigen Krystallen ist die Zwillingsebene wieder normal zur hemitropen Zwillingsaxe. Die hierher gehörigen Zwillinge sind entweder contact, z. B. beim Magnetit, Spinell, Galenit[3]) u. a., oder durchgewachsen z. B. beim Fluorit und Galenit. Mit der Zwillingsebene (111) ist in der hexakisoktaëdrischen Klasse die Zwillingsebene ($\bar{2}$11) homolog, aber in den anderen Klassen des kubischen Systems muß man die beiden Zwillingsebenen unterscheiden.

Die Pyritzwillinge nach {111} sind sehr selten, sie werden von Struever[4]), Girard[5]), Suckov[6]) und Hessel[7]) angegeben.

W. Nikol[8]) fand am Pyrit aus French Creek zwei und später noch zehn Durchwachsungszwillinge nach {111}; die Krystalle sind nach der Zwillingsaxe verkürzt. Durch ein Oktaëder des Zwillings wächst der dritte Krystall so, daß seine Oktaëderfläche mit einer Hexaëderfläche des ersten und zugleich mit einer Fläche {122} des zweiten Individuums zusammenfällt[9]).

Die Kobaltinzwillinge nach {111} s. in dieser Zeitschr. 1892, **20**, 551.

Diese Zwillinge an den Hexaëdern des erstarrenden Eisens bemerkten F. Osmond und G. Cartaud[10]), am Meteoreisen aus Mukerop in Afrika

---

1) In der krystallographischen Fachliteratur lesen wir oft ohne jede Einschränkung, daß die Zwillingsebene senkrecht auf der hemitropen Zwillingsaxe steht, z. B. Goldschmidt, Über Projection und graphische Krystallberechnung, Berlin 1887, 74. Weiter in dieser Zeitschr. **19**, 82; **31**, 585; **39**, 456—462.

2) A. Johnsen, Untersuchung über Krystallzwillinge. Neues Jahrb. f. Min. 1907, Beilagebd. **23**, 244. Ausz. diese Zeitschr. **47**, 649.

3) Polysynthische Galenitzwillinge, siehe in dieser Zeitschr. 1896, **25**, 264.

4) Struever, Studi sulla miner. italiana; Pirite del Piemonte e dell' Elba 1869 in Memoire della Reale Accad. delle Science di Torino. Serie II, **26**, 31.

5) Girard, Handbuch der Mineralogie, Leipzig 1862, 513.

6) Suckov, Poggendorf's Annalen der Physik 1833, **29**, 502.

7) Hessel, Poggendorf's Annalen der Physik 1869, **137**, 536, wo die Pyritzwillinge auch nach {211} angegeben werden.

8) W. Nikol, Amer. Journal Science 1904, (4), **17**, 93. Ref. Diese Zeitschr. 1907, **42**, 289.

9) V. Goldschmidt und W. Nikol, Spinellgesetz beim Pyrit etc. Neues Jahrb. f. Min. 1904, **2**, 93—113. Ref. Diese Zeitschr. 1907, **42**, 667.

10) Osmond und Cartaud, Diese Zeitschr. 1902, **35**, 658, und ebenda 1908, **44**, 541. Ann. d. Mines, Paris 1900, **18**, 113. Compt. rend. 1906, **142**, 1530.

F. Berwerth[1]), nach {211} am Eisen verzeichnet Linck[2]) und O. Mügge[3]). Die Sphaleritzwillinge nach (211) beschreibt E. Kaiser[4]). Ähnliche Zwillinge am Natriumuranylacetat, Bleinitrat, Baryumnitrat, Sylvin und Salmiak siehe bei A. Johnsen[5]).

3. Curie[6]) hat beim Pyrit lamellare Zwillingsverwachsung von thermoelektrisch positiven und negativen Schichten parallel mit {210} — ähnlich wie beim Quarz — nachgewiesen, sodaß anscheinend einfache Krystalle entstehen.

A. Arzruni[7]) betrachtete am Granat aus Pitkäranda die Normale auf der Fläche {210} als Zwillingsaxe. Zwillinge nach dieser Ebene sind auch beim Haüyn[8]) bekannt.

4. An den Pyrithexaëdern aus Carrara wurden Zwillinge nach {320} von G. Achiardi[9]) beschrieben.

5. Als eine Seltenheit am Galenit wird der Zwilling nach {441} angegeben, was nur nach der Zwillingstreifung auf den Spaltungsflächen {100} erkannt wurde[10]). Ich selbst habe in meiner Sammlung einen Spaltungshexaëder von Galenit aus Příbram, dessen Flächen eine Streifung nach den Zwillingslamellen (441) zeigen. Einen Pyritzwilling aus Elba nach (144) führte ich in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 476 an.

6. Am Galenit wurde die Zwlllingsaxe als Normale auf (311) beobachtet[11]). Mit dieser Zwillingsebene ist die Fläche ($\bar{2}33$) als Zwillings-

1) F. Berwerth, Der Meteoreisenzwilling von Mukerop. Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien 1902, **111**, 646—666. Ref. Diese Zeitschr. 1905, **40**, 619.

2) Linck, Über Zwillingsbildung am gediegen Eisen. Diese Zeitschr. 1892, **20**, 209.

3) O. Mügge, Neues Jahrb. f. Min. 1899, **2**, 63. Ausz. d. Zeitschr. **35**, 197.

4) E. Kaiser, Mitteilungen aus d. min. Museum der Universität Bonn. Diese Zeitschr. 1899, **31**, 34.

5) A. Johnsen, Untersuchungen über Krystallzwillinge. Neues Jahrb. f. Min. **23**, Beilagebd., 1907, 243—280, 308, 311. Ausz. diese Zeitschr. **47**, 640.

6) Curie, Bull. soc. min. d. France 1885, **8**, 127. Ref. Diese Zeitschr. **12**, 649. Beckenkamp, Über Zwillingsbildung. Diese Zeitschr. 1902, **36**, 508. Auch P. Groth, Phys. Krystallogr., 4. Aufl., 1905, 527.

7) A. Arzruni, Ein neues Zwillingsgesetz im regulären System. Verhandl. der kais. russ. Min. Gesellschaft zu St. Petersburg, 2. Serie, 1887, 7. Ref. Diese Zeitschr. **14**, 404. Vergl. auch A. Johnsen, Neues Jahrb. f. Min. 1907, Beilagebd. **23**, 325.

8) G. Friedel, Über Zwillinge. Comptes rendus 1904, **139**, 465. Auch diese Zeitschr. 1907, **42**, 99.

9) G. d'Achiardi, Mineral. Notizen. Soc. Tosc. Sc. Nat. Processi Verbali 1896—1897, **10**, 210. Ref. Diese Zeitschr. **31**, 402.

10) A. Sadebeck, Angewandte Krystallogr. 1876, **2**, 62, Taf. III, Fig. 59—61. O. Mügge, Jahrb. f. Min. 1889, **1**, 231. Diese Zeitschr. 1891, **19**, 312. P. Jeremejew, Neues Jahrb. f. Min. 1899, **1**, 14. W. H. Hobbs, Galenit von Yellowstone. Diese Zeitschr. 1896, **25**, 264.

11) Zepharovich, Galenit von Habach. Diese Zeitschr. 1877, **1**, 155. Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie 1885, 328.

ebene in der hexakisoktaëdrischen Klasse homolog[1]). Viele lamellare Zwillinge nach (311) führt E. Weinschenk[2]) am Galenit vom Groß-Glockner an.

7. Beim Smaltin bemerkte Naumann[3]), daß die hemitrope Zwillingsaxe eine Normale auf (321) ist oder daß die Drehung um die trigonale Axe um den Winkel 38° 12′ 48″ geschieht. G. von Rath[4]) spricht seinen Zweifel über die Existenz dieses Gesetzes aus. Senarmont[5]) führt Galenitzwillinge von zwei Hexaëdern nach (321) an.

8. Whitmann Groß[6]) beschreibt an Galenitwürfeln einen Zwilling, dessen hemitrope Axe Normale auf (331) ist.

9. Brauns[7]) bewies am Steinsalz aus Staßfurt lamellare Zwillinge nach der Zwillingsebene (20.20.1), welche wahrscheinlich erst auf eine secundäre Weise durch einen Druck entstanden sind.

10. Sadebeck[8]) führt an den Eisenwürfeln Zwillinge nach (20.20.9) an, Linck[9]) nach der Zwillingsebene (221). Einen Pyritzwilling ($\bar{2}21$) nach aus Piemont siehe in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 473.

11. Naumann[10]) erklärt einen zweifelhaften Granatzwilling, welcher von Breithaupt bemerkt wurde, auf folgende Weise: Die trigonale Axe des einen Individuums fließt beinahe mit der tetragonalen Axe des anderen Krystalles zusammen und auch umgekehrt[11]), sodaß die hemitrope Zwillingsaxe eine Normale entweder auf (443) oder auf (11.11.8) ist. Einen ähnlichen Pyritzwilling beschreiben auch V. Goldschmidt und W. Nikol[12]).

12. Die Pyritzwillinge aus Elba und Příbram nach ($2\bar{4}1$) sind in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 476 beschrieben; solche nach (543) am Pyrit aus

---

1) Naumann, Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie 1830, **2**, 204, 205.

2) E. Weinschenk, Diese Zeitschr. 1896, **26**, 237.

3) Naumann, Poggendorf's Annalen **31**, 537.

4) G. v. Rath, Diese Zeitschr. 1877, **1**, 9.

5) Senarmont, Annales des Mines, Paris 1848, **13**, 225.

6) Whitman Groß, Notes on Slipping planes and lamellar twinning in Galena. From Proceedings of the Colorado Scient. Soc. 1887, 171—174. Ref. Diese Zeitschr. 1890, **17**, 417.

7) Brauns, Neues Jahrb. f. Min. 1889, **1**, 127. Humboldt 1890, **9**, 56.

8) Sadebeck, Ein neues Zwillingsgesetz im regulären System. Poggendorf's Annalen **156**, 554.

9) Linck, Zwillingsbildung am gediegen Eisen. Diese Zeitschr. 1892, **20**, 209.

10) Naumann, Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallogr. 1830, **2**, 234, Taf. XXXVIII, Fig. 629.

11) Vergl. diese Erklärung mit der Theorie C. Violas', Beitrag zur Zwillingsbildung. Diese Zeitschr. 1904, **38**, 67—81.

12) Neues Jahrb. f. Min. 1904, **2**, 93—113. Spinellgesetz beim Pyrit und über Rangordnung der Zwillingsgesetze. Diese Zeitschr. 1907. **42**, 667.

Příbram finden sich ebenda 1901, **35**, 484. — Die Zwillingsebene ($3\bar{6}8$) an einem Pyritzwilling aus Piemont siehe in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 477.

13. Einen Galenitzwilling aus Příbram nach ($5\bar{1}\bar{1}$) siehe in dieser Zeitschr. 1901, **35**, 489.

14. Fr. Wallerant[1]) beschreibt einen Fluoritvielling von fünf Hexaëdern der Art, daß die trigonale Axe dieser Würfel gemeinsam ist und der Drehungswinkel 44° 30′ (ungefähr 44° 28′) beträgt.

III. Beschreibung der gezeichneten Pyritzwillinge.

V. Pöschl[2]) machte es mit seinen Arbeiten wahrscheinlich, daß Pyrit in die tetraëdrisch-pentagondodekaëdrische Klasse gehört, aber in der vorliegenden Arbeit begnügen wir uns mit der Bestimmung der Zwillingslage, als ob die Pyritkrystalle dyakisdodekaëdrisch wären, da die Verschiedenheit der Flächen {111} und {$1\bar{1}1$} gewöhnlich nicht sichergestellt werden kann. Wenn noch diese Bedingung hinzukommt, so ändert sich diese Erklärung der Zwillingslage nur in der Weise, daß nur die hemitrope Zwillingsaxe oder nur die zugehörige Zwillingsebene beibehalten wird, wobei die Indices der Zwillingsebene, bzw. der Zwillingspaare nicht geändert werden.

1. Fig. 3 ist ein Beispiel des sympolaren Zwillings von den Pyrithexaëdern von Příbram. Aus der Ebene 2 wächst der zweite, kleinere Krystall hervor, sodaß die Flächen 2′, 2 parallel sind, aber die Streifung auf beiden dieser Flächen verläuft senkrecht zueinander. Beschauen wir diese Flächen im Reflexionsgoniometer, so sind ihre Signale zwar durch die Streifung vervielfacht, aber sie durchkreuzen sich. Sind beide Würfel von übereinstimmenden Tetraëdern, so erklärt man die Lage des zweiten Würfels durch die Drehung aus der normalen Lage um die Axe [100] um den Winkel von 90° oder durch die hemitrope Axe [110].

Gehören jedoch beide Würfel entgegengesetzten Tetraëdern an, so muß man ihre gegenseitige Lage nur durch die Zwillingsebene {110} erklären oder es ist neben jeder Drehung noch allgemein die Zwillingsebene {100} vorhanden, nach der sich beide Tetraëder ergänzen.

An den Pyritkrystallen von Příbram habe ich diese Zwillinge des eisernen Kreuzes nur zweimal bemerkt.

---

1) Fr. Wallerant, Über ein neues Gesetz, betreffend die Verwachsung von Krystallen. Diese Zeitschr. 1900, **32**, 624.

2) V. Pöschl, Beiträge zur Kenntnis der Minerale der Pyrit- und Markasitgruppe. Diese Zeitschr. 1911, **48**, 589. Vergl. auch Brezina, Min. Mitt. 1872, **2**, 23. P. Groth, Tab. Übers. 1898, 22. Hintze, Handbuch d. Min. 1900, **1**, 715 u. 763.

2. In Fig. 4 sind zwei Pyrithexaëder von Přibram gezeichnet, welche sich durchwachsen, sodaß die Flächen 2′ und 2 parallel sind, denn der Reflex von ihnen beginnt und endet gleichzeitig, und der Drehungswinkel $\nu = 52^{0}50'$ nach der Messung mit dem Verticalilluminator. Nimmt man in die Rechnung den theoretischen Winkel $\nu = 53^{0}8'$ in der negativen Richtung, sodaß $\cos\nu = \frac{3}{5}$, $\sin\nu = \frac{4}{5}$ ist, so berechnet man die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen im Sinne »der Beiträge zur Berechnung der Zwillinge« in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 468—469 folgendermaßen:

$$\alpha_1 = 1, \quad \beta_1 = 0, \quad \gamma_1 = 0,$$
$$\alpha_2 = 0, \quad \beta_2 = \tfrac{3}{5}, \quad \gamma_2 = \tfrac{4}{5},$$
$$\alpha_3 = 0, \quad \beta_3 = -\tfrac{4}{5}, \quad \gamma_3 = \tfrac{3}{5}.$$

Das führt zur Zwillingsebene $(0\bar{1}2)$ bzw. (021) und die hemitropen Axen stehen auf diesen Ebenen senkrecht.

Nach den angeführten Richtungscosinussen geht die Ebene $3' \equiv \eta = 0$ durch die angegebene Drehung in die Ebene (034) über und die Ebene $6' \equiv -\zeta = 0$ in die Ebene $(04\bar{3})$ in dem ursprünglichen Coordinatensysteme.

Eine ähnliche Verwachsung kann man auch auf der Pyritdruse von Plauen in den miner. Sammlungen der böhmischen Universität in Prag Z. 3807 bemerken, wo der Zwillingswinkel ν nur mit einem aus Papier ausgeschnittenen Winkel gemessen wurde. Im ganzen bemerkte ich drei Zwillinge der beschriebenen Art, den dritten wieder an dem Pyrit von Přibram.

3. In Fig. 5 wird die Zwillingslage bestimmt durch die Drehung um die Normale auf (001) um den Winkel $\nu = 2' : 2 = 37^{0}36'$ in der positiven Richtung; gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei die Flächen 3′, 2, 2′ in einer Zone liegen, sodaß man ihre Kanten bei einer Justierung messen kann. Das Signal der Fläche 2 ist durch die Streifung vervielfacht, sodaß die Divergenz zwischen dem ersten und letzten Signal $2^{0}34'$ beträgt; bei der Fläche 2′ ist diese Divergenz $0^{0}54'$ groß, das Signal der Fläche 3′ ist zwar weniger hell, aber noch bestimmt genug. Da die Fläche 3 mit anderen Krystallen verwachsen ist, so konnte der Parallelismus der verticalen Kanten durch parallele Schiebung auf dem Centrierapparate sichergestellt werden, sodaß diese Kanten mit dem verticalen Faden des Ocularkreuzes zusammenfielen. Auch die concaven Zwillingskanten sind mit der Streifung der Fläche 2 parallel. Nehmen wir theoretisch $\cos\nu = \frac{4}{5}$ $\sin\nu = \frac{3}{5}$, $\nu = 36^{0}52'$ an, so bekommen wir für die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen folgende Werte:

$$\alpha_1 = \tfrac{4}{5}, \quad \beta_1 = -\tfrac{3}{5}, \quad \gamma_1 = 0,$$
$$\alpha_2 = \tfrac{3}{5}, \quad \beta_2 = \tfrac{4}{5}, \quad \gamma_2 = 0,$$
$$\alpha_3 = 0, \quad \beta_3 = 0, \quad \gamma_3 = 1,$$

woraus die Zwillingsebene $(3\bar{1}0)$ bzw. (130) resultiert. Die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht. Die Ebene $2' \equiv \xi = 0$ hat nach den angegebenen Richtungscosinussen in dem ursprünglichen Coordinatensystem das Zeichen $(4\bar{3}0)$ und analog die Ebene $3' \equiv \eta = 0$ das Zeichen (340).

	Gemessen:	Berechnet:
$\nu = 2 : 2'$	$= 37^0 36'$	$36^0 52'$
$2 : 3'$	$= 53\ \ 28$	$53\ \ \ 8$
$2' : 3'$	$= 90\ \ \ 4$	90 —.

In Fig. 5 ist der Drehungswinkel ν mit dem Drehungswinkel in Fig. 4 complementär, deshalb kann man die Zwillingsebene $(3\bar{1}0)$ in Bezug auf die Zwillingsebene (210) als complementär erklären. Diese beiden Zwillingsebenen sind in der hexakisoktaëdrischen Klasse homolog, aber in anderen Klassen des kubischen Systems muß man sie unterscheiden.

In Fig. 6 ist $\nu = 2 : 2' = 36^0 33'$, gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche $2'$ mit der Divergenz $0^0 44'$, das der Fläche 2 mit der Divergenz $2^0 51'$ vervielfältigt ist; das Signal der Fläche $4'$, welche in der Zone $[2' : 2]$ liegt, ist hinreichend bestimmt. Die Flächen 1 und $1'$ sind parallel, denn der Reflex von ihnen beginnt und endet gleichzeitig.

	Gemessen:	Berechnet:
$\nu = 2 : 2'$	$= 36^0 33'$	$36^0 52'$
$2 : 4'$	$= 53\ \ \ 7$	$53\ \ \ 8$
$2' : 4'$	$= 89\ \ 40$	90 —.

Darnach ist es möglich, den Přibramer Pyritzwilling Fig. 6 durch die Zwillingsebene (310) zu erklären. Die hemitrope Drehungsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht.

Auf ähnliche Weise kann man zwei Hexaëderzwillinge am Pyrit von Přibram in den Sammlungen in Kremsmünster erklären, wo die Zwillingskanten nur mit eingelegtem aus Papier ausgeschnittenen Winkel gemessen wurden.

4. In Fig. 7 an Pyrithexaëdern von Přibram durchkreuzen sich die Signale der parallelen Flächen 2 und $2'$ und da wurde der Winkel $3' : 1 = 61^0 12'$ gemessen; das Signal der Fläche $3'$ ist mit der Divergenz $0^0 22'$ zweiteilig, das der Fläche 1 ist einfach und bestimmt. Danach ist der Drehungswinkel $\nu = 3' : 3 = 90^0 - 61^0 12' = 28^0 48'$ in der negativen Richtung um die Normale auf der Ebene $2 \equiv x = 0$. Annäherungsweise ist $\cos \nu = \frac{15}{17}$, $\sin \nu = \frac{8}{17}$ und der theoretische Drehungswinkel $\nu = 28^0 4'$. Aus diesen Bedingungen berechnen wir die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen folgendermaßen:

$$\alpha_1 = 1, \quad \beta_1 = 0; \quad \gamma_1 = 0,$$
$$\alpha_2 = 0, \quad \beta_2 = \tfrac{15}{17}, \quad \gamma_2 = \tfrac{8}{17},$$
$$\alpha_3 = 0, \quad \beta_3 = -\tfrac{8}{17}, \quad \gamma_3 = \tfrac{15}{17},$$

sodaß die Ebene $3' \equiv \eta = 0$ transformiert in das ursprüngliche Coordinatensystem die Indices (0.15.8) bekommt und das Zeichen für die Ebene $6' \equiv -\zeta = 0$ . . . $(0.8.\bar{1}\bar{5})$ entsteht. Für die Zwillingsebene berechnen wir $(0\bar{1}4)$, womit die Zwillingsebene (041) homolog ist; die hemitropen Drehungsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht.

Mit dieser Erörterung stimmt auch der Pyritzwilling von Potschappel (bei Dresden) in Fig. 8 überein, welcher im k. k. Hofmuseum in Wien unter der Signatur A. i. 906 aufbewahrt ist. Die Flächen 2′ und 2 sind parallel, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet. Mit eingelegten Gläschen wurde der Winkel $1:3' = 62^0 1'$ (Durchschnitt aus vier Messungen) gemessen; woraus der Drehungswinkel $\nu = 90^0 - 62^0 1' = 27^0 59'$ ist. Theoretisch kann man $\nu = 28^0 4'$ annehmen.

Ganz ähnlich ist die Lage der Pyritkrystalle von Traversella, welche in Fig. 9 abgebildet und mit den Flächen {210}, {100}, {111}, {321} begrenzt sind. Sie befinden sich in einer Druse in den Sammlungen der Wiener Universität unter der Signatur 2534. Die Flächen {210} und {100} sind parallel mit ihren Combinationskanten fein gestreift.

		Gemessen:	Berechnet:
Die Signale sind bestimmt.	(210) : (100) =	53⁰ 8′	53⁰ 8′
	(111) : (312) =	22 33	22 13
	(021) : (312) =	16 42	17 1
	(111) : (021) =	39 15	39 14

Die Hexaëderflächen (100) der beiden Krystalle sind parallel, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet. Ihre Combinationskanten mit (210) sind gegeneinander um 28^0 geneigt (annäherungsweise mit dem gläsernen Transporteur gemessen). Der theoretische Drehungswinkel $\nu = 28^0 4'$.

Ähnliche Gesetzmäßigkeiten kann man von den Krystallen in Fig. 10 von Přibram ableiten, wo die Flächen 2′, 2, 3′, 3 in einer Zone liegen, sodaß ihre Kanten mit einer Justierung gemessen werden können, nur das Signal der Fläche 3′ weicht ein wenig ab. Die Flächen 2′, 3′, 3 haben bestimmte Signale, bei der Fläche 2 ist das Signal durch die Streifung mit der Divergenz $0^0 51'$ vervielfacht.

	Gemessen:	Berechnet:
$\nu = 2 : 2' =$	27⁰ 12′	28⁰ 4′
$2' : 3' =$	89 29	90 0
$3' : 3 =$	27 22	28 4

Daraus folgt die Zwillingsebene $(4\bar{1}0)$, bzw. die homologe Ebene (140).

5. Bei der Drehung um die Normale auf (001) um den theoretischen Winkel $\nu = 90^0 - 28^0 4' = 61^0 56'$, welcher mit dem Drehungswinkel des vorangehenden Absatzes complementär ist, entstehen aus den Hexaëdern

ganz ähnliche Zwillinge, aber die Streifung des gedrehten Krystalles steht senkrecht auf der Streifung in Fig. 10. Die angegebene Drehung führt zur Zwillingsebene (530), wie es in Fig. 11 gezeichnet ist. An diesen Pyrithexaëdern aus Příbram liegen die Ebenen 2′, 2, 3′ 3 präcis in einer Zone, sodaß ihre Kanten mit einer Justierung gemessen werden konnten. Der Drehungswinkel $\nu = 60^0 59'$ bei $2' : 2$ und $62^0 38'$ bei $4' : 4$. Die Signale der Flächen 3, 2′, 4′ sind ganz befriedigend, von der Fläche 2 sind sie mit der Divergenz $3^0 34'$ vervielfacht. Der theoretische Winkel ν liegt fast in der Mitte der beiden Winkel $2 : 2'$ und $4 : 4'$.

Die Indices der complementären Zwillingsebene z. B. (530) leiten wir von der Zwillingsebene (410) ab, indem wir die Indices der letzteren addieren und subtrahieren (auch umgekehrt), was eine ganz allgemeine Regel für die complementären Zwillinge ist.

6. In Fig. 12 ist ein Pyrithexaëder von Příbram abgebildet, aus dessen Fläche 2 das andere Hexaëder mit der parallelen Fläche 2′ hervorragt. Der Reflex von diesen beiden Flächen beginnt und endet gleichzeitig. Der Drehungswinkel $\nu = 22^0 30'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator), sodaß man theoretisch $\cos\nu = \frac{12}{13}$, $\sin\nu = \frac{5}{13}$, $\nu = 22^0 37'$ annehmen kann. Da wir aus diesen Bedingungen die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen bestimmen, so berechnen wir die Zwillingsebene (015), mit welcher die Zwillingsebene $(05\bar{1})$ homolog ist. Die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht.

Die Fläche 1′ hat in dem ursprünglichen Coordinatensystem die Indices (0.5.12) und die Fläche 3′ das Zeichen $(12.\bar{5}.0)$.

Noch einen anderen Pyritzwilling von Příbram nach der angegebenen Zwillingsebene habe ich beobachtet, aber die Drehung des kleineren Würfels geschieht in der entgegengesetzten Richtung um denselben Winkel, sodaß die Zwillingsebene $(0\bar{1}5)$ abgeleitet wird.

7. Soll man die Lage des gedrehten Krystalles durch die Drehung um die Normale auf (100) um den complementären Winkel $\nu = 90^0 - 22^0 37' = 67^0 23'$ ableiten, sodaß $\cos\nu = \frac{5}{13}$, $\sin\nu = \frac{12}{13}$ ist, wie es in Fig. 13 gezeichnet ist, so bestimmt man die Zwillingsebene (032), eventuell die hemitrope Zwillingsaxe [032], (gezeichnet nach einer Druse des Příbramer Pyrits in den Sammlungen in Kremsmünster; der Winkel $90^0 - \nu = 22\frac{1}{2}^0$ wurde bloß annäherungsweise mit dem gläsernen Transporteur gemessen). Die Zwillingsebene (032) ist in der hexakisoktaëdrischen Klasse mit der Zwillingsebene (015) homolog; beim Pyrit unterscheiden sich diese beiden Zwillinge nur durch die Streifung auf den Hexaëderflächen des gedrehten Krystalles.

8. Die Pyrithexaëder aus Příbram, welche in Fig. 14 abgebildet sind, haben die verticale Zone gemeinsam, sodaß man ihre Kanten mit einer Justierung messen kann, nur das Signal der Fläche 2′ weicht ein wenig

ab. Das Signal der Fläche 3 ist durch Streifung vervielfacht mit der Divergenz $2^0 20'$, die Signale der anderen Flächen 2, 2', 2'' sind befriedigend, da ihre Streifung bei der Messung der Krystalle senkrecht zur Axe des Reflexionsgoniometers verläuft.

	Gemessen:	Berechnet:
$\nu_1 = 2 : 2'$	$= 36^0 20'$	$36^0 52'$
$2 : 3$	$= 89\ 15$	$90\ \ 0$
$\nu_2 = 2 : 2''$	$= 22\ 41$	$22\ 37$

Dadurch ist für den Krystall A' die Zwillingsebene (310) und für A'' die Zwillingsebene (510) bestimmt.

Die gegenseitige Lage der Krystalle $A' : A''$ ist mit dem Drehungswinkel

$$\nu_3 = 2' : 2'' = 36^0 52' - 22^0 37' = 14^0 15' \text{ (berechnet)},$$
$$= 13\ \ 39 \text{ (gemessen)}$$

bestimmt. Das führt zur Zwillingsebene (810), denn $\cos \nu_3 = \frac{63}{65}$, $\sin \nu_3 = \frac{16}{65}$. Hier sehen wir das interessante Verhältnis zwischen den drei Zwillingsebenen, welche durch Umdrehung um dieselbe Normale auf (001) abgeleitet werden:

$$(310) - (510) = (810).$$

9. Die Pyrithexaëder von Příbram, welche in Fig. 15 abgebildet sind, durchwachsen sich so, daß die Flächen 2' und 2 parallel sind, da von diesen beiden Flächen der Reflex gleichzeitig beginnt und endet. Der Winkel $\nu = 1' : 1 = 19^0 6'$, gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche 1 mit der Divergenz $0^0 45$ vervielfältigt ist, während das der Fläche 1' befriedigend ist. Nehmen wir theoretisch $\nu = 18^0 55'$, $\cos \nu = \frac{35}{37}$, $\sin \nu = \frac{12}{37}$ an, da die Drehung in der negativen Richtung um die Normale auf $2 \equiv x = 0$ geschieht, so bekommen wir für die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen folgende Werte:

$$\alpha_1 = 1,\ \beta_1 = 0,\quad \gamma_1 = 0,$$
$$\alpha_2 = 0,\ \beta_2 = \tfrac{35}{37},\quad \gamma_2 = \tfrac{12}{37},$$
$$\alpha_3 = 0,\ \beta_3 = -\tfrac{12}{37},\ \gamma_3 = \tfrac{35}{37}.$$

Aus diesen Bedingungen bestimmen wir die Zwillingsebene (061), bzw. $(0\bar{1}6)$; die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht.

Nach den oben angeführten Richtungscosinussen hat die Fläche $3' \equiv \eta = 0$ in dem ursprünglichen Coordinatensystem das Zeichen (0.35.12) und die Fläche $1' \equiv \zeta = 0$ das Zeichen $(0.\bar{1}\bar{2}.35)$. Man könnte vielleicht einwenden, es wäre einfacher zu erklären, daß die Fläche 3' das Zeichen (031) und 1' das Zeichen $(0\bar{1}3)$ hat, aber diesen Bedingungen entspricht $\cos \nu' = \frac{3}{\sqrt{10}}$, $\sin \nu' = \frac{1}{\sqrt{10}}$, $\nu' = 18^0 26'$ und die Zwillingsebene $(3 + \sqrt{10})y + z = 0$,

welche irrationalen Werte allen bisherigen Erfahrungen über die Zwillinge im kubischen System und dem Gesetz der rationalen Indices widersprechen. Aus demselben Grunde zweifle ich an der Richtigkeit der Erklärung bei den Zwillingen des kubischen Systems, als ob die tetragonale Axe des zweiten Krystalles mit der trigonalen Axe des ersten Krystalles zusammenflösse und auch umgekehrt, was zur irrationalen Zwillingsebene $\{1+\sqrt{3}.1.1\}$ und zum irrationalen $\cos\nu = \frac{1}{\sqrt{3}}$ bei der Drehung um die Normale auf $\{011\}$ führt.

Mittelst der Zwillingsebene (610) kann man auch die Durchwachsung der in Fig. 16 abgebildeten Pyritkrystalle von Příbram erklären, wo die Hexaëderkanten mit den Flächen $a = \{310\}$ zugestumpft sind, denn $2 : a = 18^0$ (gemessen mit der Lupe im Reflexionsgoniometer); berechnet $2 : a = 18^0 26'$. Das Signal der Fläche 2 ist durch Streifung vervielfältigt mit der Divergenz $0^0 53'$, das der Fläche 2′ ist bestimmt; es wurde gemessen $2 : 2' = \nu = 18^0 38$.

Bemerkung. Die complementären Zwillinge nach {075} habe ich beim Pyrit noch nicht beobachtet.

10. a) Am Pyrit von Příbram, der in Fig. 17 abgebildet ist, ist die verticale Zone beiden Hexaëdern gemeinsam und der Drehungswinkel $\nu = 2 : 2' = 16^0 40'$, gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche 2′ bestimmt ist, das der Fläche 2 mit der Divergenz $0^0 55'$ vervielfältigt ist. Nehmen wir theoretisch $\cos\nu = \frac{24}{25}$, $\sin\nu = \frac{7}{25}$, $\nu = 16^0 16'$ an, so berechnen wir die Zwillingsebene (710) bzw. $(1\bar{7}0)$, auf denen die hemitropen Zwillingsaxen senkrecht stehen.

Auf dieselbe Weise kann man den Hexaëderzwilling am Pyrit von Potschappel bei Dresden erklären, welcher im k. k. Hofmuseum in Wien unter der Signatur A. i. 906 aufbewahrt und in Fig. 18 gezeichnet ist; aber der Drehungswinkel $\nu = 16$ wurde hier bloß mit aus Papier ausgeschnittenem Winkel gemessen.

b) Geschieht die Drehung um die Axe [100] um den complementären Winkel $\nu' = 90^0 - 16^0 16' = 73^0 44'$, sodaß $\cos\nu' = \frac{7}{25}$, $\sin\nu' = \frac{24}{25}$ ist, wie es in Fig. 19 nach dem Pyrit von Příbram abgebildet ist, so bestimmen wir die Zwillingsebenen (043) bzw. $(0\bar{3}4)$ und die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht. In Fig. 19 wurde der Drehungswinkel $\nu' = 73^0 51'$ mit dem Verticalilluminator gemessen; die Flächen 2′ und 2 sind parallel, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet.

11. Am Příbramer Pyrit in Fig. 20 wurde der Drehungswinkel $\nu = 1' : 1 = 14^0 21'$ mit dem Reflexionsgoniometer gemessen, wobei das Signal der Fläche 1 mit der Divergenz $1^0 57'$, das der Fläche 1′ mit der Divergenz $0^0 49'$ vervielfältigt ist. Die Kanten der Zone [1 : 3] der beiden

Hexaëder sind parallel, was durch paralleles Schieben am Centrierapparate zum verticalen Faden des Ocularkreuzes sichergestellt werden konnte. Diese Bedingungen führen zur Zwillingsebene (081) bzw. ($0\bar{1}8$), welche theoretisch den Drehungswinkel $\nu = 1 : 1' = 14^0 15'$, $\cos\nu = \frac{63}{65}$, $\sin\nu = \frac{16}{65}$ erfordert. Daraus erscheinen folgende Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen:

$$\alpha_1 = 1, \quad \beta_1 = 0, \quad \gamma_1 = 0,$$
$$\alpha_2 = 0, \quad \beta_2 = \tfrac{63}{65}, \quad \gamma_2 = \tfrac{16}{65},$$
$$\alpha_3 = 0, \quad \beta_3 = -\tfrac{16}{65}, \quad \gamma_3 = \tfrac{63}{65},$$

sodaß die transformierten Gleichungen der gedrehten Flächen sind: $1' \equiv -16y + 63z = 0$, $3' \equiv 63y + 16z = 0$. Diese Ebenen darf man nicht durch die einfacheren $1' \equiv -y + 4z = 0$, $3' \equiv 4y + z = 0$ ersetzen, da diese Bedingungen zur irrationalen Zwillingsebene $(0 \cdot 4 + \sqrt{17} \cdot 1)$ führen, was im kubischen System unmöglich ist.

Am Příbramer Pyrit in Fig. 21 wurde die Zwillingskante $1 : 1' = \nu = 14^0 10'$ mit dem Reflexionsgoniometer gemessen, wobei die Signale dieser Flächen befriedigend sind und die Flächen 1, 1', 3 in einer Zone liegen, sodaß man ihre Kanten mit einer Justierung messen kann. Aus diesen Bedingungen berechnet man die Zwillingsebene ($0\bar{8}1$) oder (018), welche theoretisch $\nu = 14^0 15'$ erfordern. Das Signal der Fläche 3 ist mit der Divergenz $2^0 41'$ vervielfacht und der gemessene Winkel $1 : 3 = 89^0 36'$ anstatt des theoretischen Winkels 90^0.

Vergleiche diese Zwillinge mit der Erklärung der Fig. 14 im Absatze 8.

Bemerkung. Die complementäre Zwillingsebene {097} habe ich an Pyritkrystallen bisher nicht beobachtet.

12. An den Pyrithexaëdern von Příbram (Fig. 22) sind die verticalen Zonen parallel, denn es war möglich die Kanten der Ebenen 2', 2, 3 mit einer Justierung zu messen und die Kanten fließen mit dem verticalen Faden des Ocularkreuzes zusammen, wenn man den justierten Krystall auf dem Centrierapparate schiebt. Der Drehungswinkel $\nu = 2 : 2' = 8^0 26'$, gemessen mit dem Reflexionsgoniometer bei befriedigenden Signalen der Flächen. Nehmen wir theoretisch $\nu = 8^0 11'$, $\cos\nu = \frac{195}{197}$, $\sin\nu = \frac{28}{197}$ an, so berechnen wir für die Zwillingsebene das Zeichen (14.1.0) bzw. ($1.\bar{1}\bar{4}.0$) und die hemitropen Drehungsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht. Das Signal der Fläche 3 ist mit der Divergenz $1^0 2'$ vervielfältigt und der gemessene Winkel $2 : 3 = 89^0 48'$ anstatt der theoretischen 90^0. Die Hexaëderkanten sind mit schmalen Flächen $\{1 n 0\}$ zugestumpft, welche keine Signale geben.

13. In Fig. 23 sind zwei Pyritwürfel von Příbram abgebildet, welche eine hypoparallele Verwachsung zeigen. Da die Signale der Flächen 2, 2', welche in der verticalen Zone liegen, befriedigend sind, so war es möglich

den Drehungswinkel $\nu = 2 : 2' = 0^0 38'$ zu messen, sodaß $\cos\nu = \frac{32399}{32401}$, $\sin\nu = \frac{360}{32401}$ ist. Diese Bedingungen führen zur Zwillingsebene $(180.\bar{1}.0)$ bzw. $(1.180.0)$. Der theoretische Winkel $\nu = 0^0 38'$ stimmt mit dem gemessenen auf eine Minute überein.

14. Besonders interessant ist der Vielling von Pyrithexaëdern aus Příbram, welcher in Fig. 24 abgebildet ist. Der Würfel A' hat die verticale Zone mit dem Würfel A gemeinsam, die Würfel A'', A''' haben eine gemeinsame Zone mit den Ebenen $[1' : 4']$ des Krystalles A', sodaß man die Kanten der betreffenden Zonen mit einer Justierung messen konnte. Das Signal der Fläche $4'$ ist vervielfältigt mit der Divergenz $0^0 17'$, das der Fläche 2 ist mit der Divergenz $0^0 29'$ zweiteilig. Der gemessene Winkel $\sigma = 4' : 2 = 22^0 19'$, sodaß der Drehungswinkel $\nu_1 = 2 : 2' = 90^0 - \sigma = 67^0 41'$ ist und die Drehung um die verticale Axe in der negativen Richtung geschieht. Nehmen wir den theoretischen Drehungswinkel $\nu_1 = 67^0 23'$, $\cos\nu_1 = \frac{5}{13}$, $\sin\nu_1 = \frac{12}{13}$ an, so berechnen wir für die Würfel $A' : A$ die Zwillingsebene (320) bzw. $(2\bar{3}0)$, und die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht.

Weiter wurde der Drehungswinkel $\nu_2 = 4'' : 4' = 36^0 25'$ gemessen, wobei das Signalbild der Fläche $4''$ scharf, das der Fläche $4'$ mit der Divergenz $0^0 16'$ vervielfältigt ist. Führen wir in die Rechnung den theoretischen Winkel $\nu_2 = 36^0 52'$ ein, sodaß $\cos\nu_2 = \frac{4}{5}$, $\sin\nu_2 = \frac{3}{5}$ ist, so berechnen wir die Zwillingsebene (031) bzw. $(0\bar{1}3)$.

Bei derselben Justierung wurde auch der Winkel $\nu_3 = 4''' : 4' = 14^0 33'$ gemessen, wobei das Signal der Fläche $4'''$ bestimmt und das der Fläche $4'$ wie früher mit der Divergenz $0^0 16'$ vervielfältigt war. Nehmen wir den theoretischen Drehungswinkel $\nu_3 = 14^0 15'$ an, sodaß $\cos\nu_3 = \frac{63}{65}$, $\sin\nu_3 = \frac{16}{65}$ ist, so bestimmen wir für die Hexaëder $A''' : A'$ die Zwillingsebene (081).

Der gemessene Winkel $\nu_4 = 4''' : 4'' = \nu_2 - \nu_3 = 21^0 52'$ stimmt genügend mit dem theoretischen $\nu_4 = 22^0 37'$ überein, welcher $\cos\nu_4 = \frac{12}{13}$, $\sin\nu_4 = \frac{5}{13}$ hat. Aus diesen Bedingungen für die Würfel $A''' : A''$ wird die Zwillingsebene (051) abgeleitet. Hier erkennen wir, daß man durch die Differenz der zwei Drehungswinkel $\nu_2 - \nu_3 = \nu_4$ um dieselbe Drehungsaxe wieder einen möglichen Drehungswinkel bekommt, welcher zu einer rationalen Zwillingsebene führt. Vergleiche dies mit dem Absatz 8 über die Fig. 14.

Wollen wir die gegenseitige Lage der Hexaëder $A'' : A$ bestimmen, so berechnen wir die Richtungscosinus der Halbaxen nach der ersten und zweiten Drehung:

$$\begin{array}{lll|lll}
\alpha_1 = \frac{5}{13}, & \beta_1 = \frac{12}{13}, & \gamma_1 = 0 & \delta_1 = 1, & \varepsilon_1 = 0, & \vartheta_1 = 0, \\
\alpha_2 = -\frac{12}{13}, & \beta_3 = \frac{5}{13}, & \gamma_2 = 0 & \delta_2 = 0, & \varepsilon_2 = \frac{4}{5}, & \vartheta_2 = \frac{3}{5}, \\
\alpha_3 = 0, & \beta_3 = 0, & \gamma_3 = 1 & \delta_3 = 0, & \varepsilon_3 = -\frac{3}{5}, & \vartheta_3 = \frac{4}{5}.
\end{array}$$

Aus diesen Systemen der Richtungscosinus berechnen wir die resultierenden Richtungscosinus nach den Formeln (4) in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 470 folgendermaßen:

$$\varkappa_1 = \tfrac{25}{65}, \quad \mu_1 = -\tfrac{60}{65}, \quad \tau_1 = 0,$$
$$\varkappa_2 = \tfrac{48}{65}, \quad \mu_2 = \tfrac{20}{65}, \quad \tau_2 = -\tfrac{39}{65},$$
$$\varkappa_3 = \tfrac{36}{65}, \quad \mu_3 = \tfrac{15}{65}, \quad \tau_3 = \tfrac{52}{65}.$$

Den resultierenden Drehungswinkel berechnen wir nach der Formel (5) loc. cit.

$\cos\nu_5 = \frac{1}{2}(\varkappa_1 + \mu_2 + \tau_3 - 1) = \frac{16}{65}$, was dem $\sin\nu_3$ gleich ist, sodaß $\nu_5 = 75^0 45'$ ist. Die resultierende Drehungsaxe wird nach der Formel (6) (loc.cit.) bestimmt als die Normale auf der Ebene

$$R_5 \equiv (\mu_3 - \tau_2)x + (\tau_1 - \varkappa_3)y + (\varkappa_2 - \mu_1)z = 0,$$

woraus folgt $R_5 = (3\bar{2}6)$.

Dadurch ist die Lage des Würfels A'' zu A bestimmt, aber diese Erklärung läßt sich nicht auf eine hemitrope Drehungsaxe überführen, da die Richtungscosinus $\varkappa$, μ, τ den Bedingungen der Formeln (7) und (3) loc. cit. nicht entsprechen können, obwohl man darüber nicht zweifeln kann, daß die Drehung, welche aus zwei rationalen Drehungen resultiert, wieder rational und deshalb gesetzlich ist, denn alle Flächen des gedrehten Krystalles haben rationale Indices auch in dem ursprünglichen Coordinatensystem.

In solchen Fällen wird die gegenseitige Lage der Individuen in einem Zwillinge am übersichtlichsten durch die Anführung der einzelnen Drehungen, z. B. im letzten Falle $A'' : A$ auf folgende Weise $(320)_1 \times (031)_2$ bestimmt.

Ähnlicherweise wird die Lage $A''' : A$ mit den Zwillingsebenen $(320)_1 \times (081)_2$ angedeutet.

15. Die Pyrithexaëder von Příbram (Fig. 25) haben die verticale Zone gemeinsam, sodaß man die Kanten der abgebildeten Ebenen mit einer Justierung messen kann. Der Drehungswinkel $\nu = 2 : 2' = 43^0 48'$, wobei das Signal der Fläche 2' mit der Divergenz $2^0 34'$, das der Fläche 2 mit der Divergenz $3^0 35'$ vervielfältigt ist. Nehmen wir theoretisch $\nu = 43^0 36'$, $\cos\nu = \frac{21}{29}$, $\sin\nu = \frac{20}{29}$ an, so bestimmen wir die Zwillingsebene (520) und die hemitrope Zwillingsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht. Die Hexaëderkanten sind mit schmalen Flächen 𝔡, *f* zugestumpft, deren Signale bestimmt sind; das Signal der Fläche 3 ist befriedigend.

	Gemessen:	Berechnet:	Zeichen:
2 : 2'	= 43° 48'	43° 36'	—
2 : 4'	= 46 30	46 24	—
2 : 𝔡	= 12 27	12 31	𝔡 (920)

	Gemessen	Berechnet:	Zeichen:
$2:f$	$= 14^{0}24'$	$14^{0}\ 2'$	$f(410)$
$\mathfrak{d}:f$	$= 1\ 57$	$1\ 31$	—
$2:3$	$= 90\ 1$	90 —	—

An den Příbramer Pyrithexaëdern (Fig. 26) sind die Flächen **2** und **2'** parallel, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet. Die Ebenen **3'**, **3**, **1'**, **1** liegen in derselben Zone, sodaß ihre Kanten mit derselben Justierung gemessen wurden. Da der Drehungswinkel $\nu = 3 : 3' = 43^{0}13'$ ist, so kann man den Zwilling mit der Zwillingsebene (025) erklären. Das Signal der Fläche **3'** ist mit der Divergenz $0^{0}22'$, das der Fläche **3** mit der Divergenz $4^{0}3'$ vervielfältigt. Die Signale der Fläche **1'**, **1** sind befriedigend.

	Gemessen:	Berechnet:
$\nu = 3' : 3$	$= 43^{0}13'$	$43^{0}36'$
$1 : 1'$	$= 43\ 0$	$43\ 36$
$3 : 1$	$= 88\ 46$	90 —
$3' : 1'$	$= 88\ 59$	90 —

Bemerkung. Die complementäre Zwillingsebene (073) siehe in Fig. 69 und 70, im Absatze 50.

16. In Fig. 27 sind zwei Pyrithexaëder von Příbram abgebildet, welche die verticale Zone gemeinschaftlich haben, sodaß man die verticalen Kanten mit einer Justierung messen kann. Von den Zwillingskanten kann man am besten $\nu = 2' : 2 = 41^{0}6'$ gemessen, was mit dem theoretischen Winkel $\nu = 41^{0}7'$ gut übereinstimmt, sodaß $\cos\nu = \frac{55}{73}$, $\sin\nu = \frac{48}{73}$ ist. Aus diesen Bedingungen wird die Zwillingsebene (830) abgeleitet und die hemitrope Zwillingsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht.

	Gemessen:	Berechnet:
$4 : 2$	$= 90^{0}12'$	90^{0} —
$4' : 2'$	$= 91\ 18$	90 —
$2 : 2'$	$= 41\ 6$	$41\ 6'\ 44''$
$4 : 4'$	$= 40\ 0$	$41\ 6\ 44$

Das Signal der Fläche **2** ist mit der Divergenz $0^{0}49'$ vervielfältigt, das der Fläche **2'** ist befriedigend, das der Fläche **4** ist mit der Divergenz $3^{0}30'$, das der Fläche **4'** mit der Divergenz $3^{0}41'$ vervielfältigt.

17. a) Die Pyrithexaëder von Příbram (Fig. 28) haben die Flächen **2** und **2'** parallel, denn der Reflex von ihnen beginnt und endet gleichzeitig. Mit dem Reflexionsgoniometer wurde die Kante $\nu = 3 : 3' = 58^{0}8'$ gemessen, wobei das Signal der Fläche **3** mit der Divergenz $1^{0}22'$, das der Fläche **3'** mit der Divergenz $1^{0}44'$ vervielfältigt wurde. Führen wir in die Rechnung den theoretischen Winkel $\nu = 58^{0}6\frac{1}{2}'$, $\cos\nu = \frac{28}{53}$, $\sin\nu = \frac{45}{53}$ ein, so berechnen wir die Zwillingsebene (095).

b) Geschieht die Drehung um die Normale zur Fläche (100) um den complementären Winkel $\nu' = 90 - \nu = 31^0 53\frac{1}{2}'$ (theoretisch), sodaß $\cos\nu' = \frac{45}{53}$, $\sin\nu' = \frac{28}{53}$ ist, so berechnen wir die Zwillingsebene (027), wie sie im Přibramer Zwilling (Fig. 29) realisiert ist. Im anderen Falle (Fig. 30) sehen wir die Zwillingsebene (720). Auf den Hexaëdern (Fig. 30) sind die Ebenen 1 und 1′ parallel, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet; mit dem Reflexionsgoniometer wurde der Winkel $\nu' = 2' : 2 = 31^0 36'$ gemessen, wobei das Signal der Fläche 2 mit der Divergenz $1^0 30'$, das der Fläche 2′ mit der Divergenz $2^0 45'$ vervielfältigt ist.

In Fig. 29 wurde der Winkel $\nu' = 32^0 27'$ mit dem Verticalilluminator gemessen, wobei die Flächen 2 und 2′ parallel sind, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet.

18. An den Pyrithexaëdern von Přibram (Fig. 31) ist die verticale Zone gemeinsam, da der Reflex von den Flächen 1 und 1′ gleichzeitig beginnt und endet. Mit dem Reflexionsgoniometer wurde der Winkel $\nu = 2' : 2 = 33^0 8'$ gemessen. Nehmen wir theoretisch $\nu = 33^0 24'$, $\cos\nu = \frac{91}{109}$, $\sin\nu = \frac{60}{109}$ an, so bestimmen wir die Zwilligsebene (10.3.0). Das Signal der Fläche 2 ist mit der Divergenz $2^0 50'$ und das der Fläche 2′ mit der Divergenz $1^0 34'$ vervielfältigt.

19. In Fig. 32 sind zwei Pyrithexaëder von Přibram abgebildet, welche die verticale Zone gemeinsam haben, sodaß man die verticalen Kanten mit einer Justierung messen kann, nur das Signal der Fläche 2′ weicht ganz gering ab. Mit dem Reflexionsgoniometer wurde der Winkel $\nu = 3 : 3' = 25^0 4'$ gemessen, wobei die Signale der Flächen 3, 3′ befriedigend waren. Nehmen wir theoretisch $\nu = 25^0 3\frac{1}{2}'$, $\cos\nu = \frac{77}{85}$, $\sin\nu = \frac{36}{85}$ an, so berechnen wir die Zwillingsebene ($9\bar{2}0$).

	Gemessen:	Berechnet:
3 : 3′ =	25⁰ 4′	25⁰ 3½′
2 : 2′ =	24 45	25 3½
3 : 2 =	89 33	90 —
3 : 4 =	180 38	180 —
3′ : 2′ =	89 14	90 —

Die Signale der Flächen 3, 3′, 4 sind befriedigend, das Signal der Fläche 2 ist mit der Divergenz $0^0 52'$, das der Fläche 2′ mit der Divergenz $0^0 25'$ zweiteilig.

Bemerkung. Die complementäre Zwillingsebene (11.7.0) habe ich am Pyrit noch nicht bemerkt.

20. Der Pyritzwilling aus dem Ritterkar (Salzburg), abgebildet in Fig. 33, befindet sich in den Sammlungen des bayerischen Staates in München, Z. 126 (aus dem Jahre 1898). Neben der Streifung, die parallel mit den Hexaëderkanten geht, sehen wir noch eine andere Streifung, welche mit der Hexaëderkante den Winkel $\alpha = 26^0 34'$ schließt. Diesem Winkel entspricht $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{2}$,

sodaß man diese Erscheinung als eine Oscillationsstreifung der Flächen {100} und {421} erklären kann.

Die Fläche 2′ ist mit der Fläche 2 parallel, was man daran erkennt, daß der Reflex von beiden diesen Flächen gleichzeitig beginnt und endet. Der Winkel $\nu = 1' : 1$, dreimal mit eingelegten Gläschen gemessen, beträgt $17^0 0'$ bis $17^0 49'$. Führen wir theoretisch $\nu = 17^0 29\frac{1}{2}'$, $\cos\nu = \frac{165}{173}$, $\sin\nu = \frac{52}{173}$ ein, so berechnen wir die Zwillingsebene (0.13.2).

21. a) Oft finden wir am Pyrit die Penetrationszwillinge, sodaß eine Hexaëderkante parallel aus einer Fläche des anderen Hexaëders hervorragt, wobei beide Hexaëder keine gemeinschaftliche Zone haben (Fig. 34, 38 usw.). In anderen Fällen ragt eine Würfelecke aus einer Würfelfläche des anderen Krystalles hervor, sodaß eine Zwillingskante mit einer Kante des größeren Hexaëders parallel ist (Fig. 36, 39 usw.).

Die gegenseitige Lage der Hexaëder (Fig. 34) ist durch zwei Drehungen bestimmt. Die erste Drehung geschieht um die Normale auf der Ebene $2 \equiv x = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 36^0 47'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator) in der positiven Richtung. Nehmen wir theoretisch $\cos\nu_1 = \frac{4}{5}$, $\sin\nu_1 = \frac{3}{5}$, $\nu_1 = 36^0 52'$ an, so berechnen wir folgende Richtungscosinus der Halbaxen nach der ersten Drehung:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1, & \beta_1 &= 0, & \gamma_1 &= 0, \\ \alpha_2 &= 0, & \beta_2 &= \tfrac{4}{5}, & \gamma_2 &= -\tfrac{3}{5}, \\ \alpha_3 &= 0, & \beta_3 &= \tfrac{3}{5}, & \gamma_3 &= \tfrac{4}{5}, \end{aligned}$$

was an und für sich zur Zwillingsebene $(013)_1$ führt.

Die zweite Drehung muß man um die Normale auf der Ebene $3' \equiv \eta = 0$ um den Winkel $\nu_2 = 2' : 2 = 37^0 28'$ in der positiven Richtung durchführen (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche 2 mit der Divergenz $2^0 23'$ vervielfältigt, bei der Fläche 2′ befriedigend ist). Danach kann man theoretisch $\nu_2 = \nu_1 = 36^0 52'$ einführen, woraus folgende Richtungscosinus der Halbaxen nach der zweiten Drehung zu den einmal gedrehten Halbaxen abgeleitet werden:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \tfrac{4}{5}, & \varepsilon_1 &= 0, & \vartheta_1 &= \tfrac{3}{5}, \\ \delta_2 &= 0, & \varepsilon_2 &= 1, & \vartheta_2 &= 0, \\ \delta_3 &= -\tfrac{3}{5}, & \varepsilon_3 &= 0, & \vartheta_3 &= \tfrac{4}{5}. \end{aligned}$$

Diese zweite Drehung führt von selbst zur Zwillingsebene $(301)_2$.

Aus diesen beiden Drehungen bestimmen wir nach den Formeln (4) in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 470 folgende Richtungscosinus der zweimal gedrehten Halbaxen zu den Halbaxen der ursprünglichen Lage:

$$\begin{aligned} \varkappa_1 &= \tfrac{20}{25}, & \mu_1 &= \tfrac{9}{25}, & \tau_1 &= \tfrac{12}{25}, \\ \varkappa_2 &= 0, & \mu_2 &= \tfrac{20}{25}, & \tau_2 &= -\tfrac{15}{25}, \\ \varkappa_3 &= -\tfrac{15}{25}, & \mu_3 &= \tfrac{12}{25}, & \tau_3 &= \tfrac{16}{25}. \end{aligned}$$

Für die resultierende Drehung nach (5) l. c. bekommen wir

$$\cos\nu = \tfrac{1}{2}(\varkappa_1 + \mu_2 + \tau_3 - 1) = \tfrac{31}{50}, \ \nu = 51^0 41'.$$

Die Axe dieser resultierenden Drehung ist nach (6) l. c. senkrecht auf der Ebene

$$S \equiv (\mu_3 - \tau_2)x + (\tau_1 - \varkappa_3)y + (\varkappa_2 - \mu_1)z = 0$$
$$\equiv 3x + 3y - z = 0 \text{ oder } (33\bar{1}).$$

Um zur hemitropen Drehungsaxe überzugehen, müssen wir durch eine entsprechende Vertauschung der Zeilen oder der Spalten $\varkappa$, μ, τ den Bedingungen (7) und (3) l. c. genügen, was wir durch Vertauschung der homologen Hauptaxen des gedrehten Krystalles durchführen, sodaß $X'' = -Y'$, $Y'' = -X'$, $Z'' = -Z'$ ist. Dadurch werden die Zeilen der oben angeführten Richtungscosinus auf folgende Weise vertauscht:

$$\varkappa_1' = 0, \quad \mu_1' = -\tfrac{20}{25}, \quad \tau_1' = \tfrac{15}{25},$$
$$\varkappa_2' = -\tfrac{20}{25}, \quad \mu_2' = -\tfrac{9}{25}, \quad \tau_2' = -\tfrac{12}{25},$$
$$\varkappa_3' = \tfrac{15}{25}, \quad \mu_3' = -\tfrac{12}{25}, \quad \tau_3' = -\tfrac{16}{25}.$$

Dabei muß man darauf achten, daß man durch die angegebene Vertauschung der homologen Halbaxen aus der positiven (linken) Lage der Pentagondodekaëder in die negative (rechte) Lage übergeht.

Die hemitrope Zwillingsaxe bestimmen wir nach (8) und (9) l. c. als die Normale auf der Ebene

$$R \equiv x\sqrt{\frac{\varkappa_2'\varkappa_3'}{2\mu_3}} + y\sqrt{\frac{\mu_3'\mu_1'}{2\tau_1'}} + z\sqrt{\frac{\tau_1'\tau_2'}{2\varkappa_2'}} = 0$$

$\equiv -5x + 4y - 3z = 0$ oder $(\bar{5}4\bar{3})$, welche zugleich die Zwillingsebene ist. Das Zeichen vor dem Wurzelzeichen richtet sich nach dem Zeichen (+ oder −) des betreffenden Nenners unter dem Wurzelzeichen.

Um aus der negativen Lage des gedrehten Krystalles in die positive Lage überzugehen, ist es notwendig, zur angedeuteten hemitropen Zwillingsaxe noch die zweite hemitrope Zwillingsaxe beizufügen, welche auf {110} senkrecht steht.

Die Indices der Zwillingsebene $(\bar{5}4\bar{3})$ sind Zähler und Nenner der Richtungscosinus α, β, γ und δ, ε, ϑ.

Zu einem ähnlichen Resultate kommen wir, wenn wir nach den Bedingungen der Formeln (7) und (3) l. c. die Spalten der Richtungscosinus $\varkappa$, μ, τ wechseln, sodaß die homologen Hauptaxen des Krystalles in der ursprünglichen Lage vertauscht werden: $X_3 = -Y$, $Y_3 = -X$, $Z_3 = -Z$, woraus wir bekommen:

$$\varkappa_1'' = -\tfrac{9}{25}, \quad \mu_1'' = -\tfrac{20}{25}, \quad \tau_1'' = -\tfrac{12}{25},$$
$$\varkappa_2'' = -\tfrac{20}{25}, \quad \mu_2'' = 0, \quad \tau_2'' = \tfrac{15}{25},$$
$$\varkappa_3'' = -\tfrac{12}{25}, \quad \mu_3'' = \tfrac{15}{25}, \quad \tau_3'' = -\tfrac{16}{25}.$$

Diese Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen führen zur Zwillingsebene $(45\bar{3})$, auf der die hemitrope Zwillingsaxe senkrecht steht. Nach der Streifung der Krystallflächen müssen wir noch die zweite hemitrope Zwillingsaxe hinzufügen, welche auf $\{110\}$ senkrecht steht.

Bemerkung. Die Erklärung der Zwillingslage durch zwei Drehungen führt auch Johnsen[1]) ein.

b) Die gegenseitige Lage der Pyrithexaëder von Příbram (Fig. 35) kann man durch zwei Drehungen bestimmen; die erste ist wie in Fig. 34, aber die zweite Drehung geschieht um die Normale zur Fläche $1' \equiv \zeta = 0$ um den theoretischen Winkel $\nu_2 = 2' : 2 = 53^0 8'$ in der negativen Richtung; $\cos \nu_2 = \frac{3}{5}$, $\sin \nu_2 = \frac{4}{5}$. Der Winkel $\nu_1 = 36^0 49'$ nach dem Messen mit dem Verticalilluminator (theoretisch $\nu_1 = 36^0 52'$), $\nu_2 = 2' : 2 = 53^0 32'$ gemessen mit dem Reflex im Reflexionsgoniometer.

Die erste Drehung führt von selbst zur hemitropen Zwillingsaxe $[013]_1$, durch die zweite Drehung bekommen wir die hemitrope Zwillingsaxe $[210]_2$. Aus diesen Bedingungen bestimmen wir die resultierende Zwillingsebene $(5\bar{3}\bar{4})$; die hemitrope Zwillingsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht. Dazu darf man keine andere hemitrope Zwillingsaxe hinzufügen.

c) Ist die relative Größe der beiden Hexaëder in Fig. 34 oder 35 umgekehrt, das ist: wird der innere Würfel größer als der Würfel der ursprünglichen Lage, dann erscheinen diese Zwillinge so, wie sie in Fig. 36 und 37 abgebildet sind und wie sie auf einer Příbramer Druse beobachtet wurden. In diesen beiden Fällen ist die Zwillingskante $2' : 2$ parallel mit der Würfelkante $2 : 3$, $\nu_1 = 2' : 2 = 53^0 8'$ und $\nu_2 = 36^0 52'$, sodaß $\cos \nu_1 = \sin \nu_2 = \frac{3}{5}$, $\sin \nu_1 = \cos \nu_2 = \frac{4}{5}$ ist:

Diese Drehungen in Fig. 36 und 37 führen zu den Zwillingsebenen (345) und $(34\bar{5})$.

In Fig. 36: In Fig. 37:

$$\cos(1' : 2) = \tfrac{12}{25},$$
$$1' : 2 = 61^0 19' = 4' : 2,$$
$$\cos(4' : 2) = \tfrac{16}{25},$$
$$4' : 2 = 50^0 12' = 6' : 2.$$

Die Übereinstimmung dieser theoretischen Winkel mit den wirklichen wurde in diesen zwei Fällen nur durch eingelegte aus Papier ausgeschnittene Winkel kontrolliert.

22. a) In Fig. 38 ist der Pyritwürfel A von Příbram abgebildet, aus dessen Fläche $2' \equiv x = 0$ zwei Würfel A' und A'' hervorwachsen, deren Zwillingswinkel untereinander gleich sind, nur mit dem Unterschiede, daß der erste Drehungswinkel ν_1 bei dem Würfel A' positiv, bei dem Würfel

---

1) A. Johnsen, Untersuchungen über Krystallzwillinge; Neues Jahrb. f. Min., Beilagebd. 23, 1907, 239.

A'' negativ ist. In beiden Fällen ist $\nu_1 = 28^0 4'$, $\cos\nu_1 = \frac{15}{17}$, $\sin\nu_1 = \frac{8}{17}$; ebenso ist für die zweite Drehung in beiden Fällen $\nu_2 = 2':2 = 2'':2 = \nu_1$. Die Übereinstimmung dieser theoretischen mit den wirklichen Winkeln wurde mit aus Papier ausgeschnittenen Winkeln kontrolliert. Die erste Drehung führt von selbst bei A' zur Zwillingsebene $(04\bar{1})_1$, die zweite Drehung kann man mit der Zwillingsebene $(140)_2$ vertauschen. Für die resultierende Drehung bekommen wir die Zwillingsebene $(17.\bar{8}.\bar{15})$ und die hemitrope Zwillingsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht. Die Krystallflächen sind nicht gestreift.

Ganz ähnlich ist die Zwillingslage $A'':A$ mit der Zwillingsebene $(17.\bar{8}.15)$ bestimmt. Die Indices dieser Zwillingsebenen sind wieder in den Zählern und Nennern der Größen $\cos\nu_1$, $\sin\nu_1$ und der Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen.

b) Auf ähnliche Weise kann man in Fig. 39 die Zusammenwachsung von zwei Pyritwürfeln von Libomyšl (in den miner. Sammlungen der böhmischen Universität in Prag unter der Nummer 40) erklären, wobei die Zwillingskante $2':2$ mit der Hexaëderkante $2:3$ parallel ist; der erste Drehungswinkel $\nu_1 = 2':2 = 61^0 56'$ $(\cos\nu_1 = \frac{8}{17}$, $\sin\nu_1 = \frac{15}{17})$ entsteht um die Normale auf der Ebene $1 \equiv z = 0$ in der negativen Richtung. Die zweite Drehung geschieht um denselben Winkel $\nu_2 = \nu_1$ um die Normale auf der Ebene $2' \equiv \xi = 0$ in der positiven Richtung. Aus diesen Bedingungen wird die Zwillingsebene $(8.15.17)$ bestimmt. Weiter wurden noch folgende Winkel berechnet:

$$\cos(4':2) = \tfrac{120}{289}, \quad 4':2 = 65^0 28',$$
$$\cos(6':2) = \tfrac{225}{289}, \quad 6':2 = 38^0 52\,.$$

Die Übereinstimmung dieser theoretischen und der wirklichen Winkel wurde mit eingelegten, aus Papier ausgeschnittenen Winkeln kontrolliert.

23. In Fig. 40 sind zwei Pyritwürfel von Přibram abgebildet, deren gegenseitige Lage durch folgende Bedingungen bestimmt ist. Die erste Drehung aus der ursprünglichen Lage geschieht um die Normale auf der Ebene $2 \equiv x = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 28^0 1'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator) in der positiven Richtung. Die zweite Drehung wird um die Normale auf der Ebene $1' \equiv \zeta = 0$ um den Winkel $\nu_2 = 2':2 = 37^0 4'$ (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer) in der negativen Richtung ausgeführt. Die Ebene 2 weicht ein wenig mit ihrem Signale aus der Zone $[4':2]$ ab; das Signal der Ebene $4'$ ist befriedigend, das der Ebene $2'$ ist mit der Divergenz $2^0 47'$, das der Fläche 2 mit der Divergenz $1^0 43'$ vervielfältigt. Nehmen wir die theoretischen Winkel $\nu_1 = 28^0 4'$ $(\cos\nu_1 = \frac{15}{17}$, $\sin\nu_1 = \frac{8}{17})$ und $\nu_2 = 36^0 52'$ $(\cos\nu_2 = \frac{4}{5}$, $\sin\nu_2 = \frac{3}{5})$ an, so bestimmen wir für die erste Drehung die Zwillingsebene $(04\bar{1})_1$ und für die zweite

Drehung $(\bar{1}30)_2$, und die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Zwillingsebenen senkrecht.

Für die resultierende Drehung bekommen wir $\cos\nu = \frac{59}{85}$, $\nu = 16^0 38'$ und die Drehungsaxe steht auf der Ebene $(31\bar{4})$ senkrecht.

24. Die Lage des gedrehten Pyritwürfels von Příbram (Fig. 41) bestimmt man durch zwei Drehungen: die erste Drehung geschieht um die Normale der Ebene $2 \equiv x = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 22^0 46'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator) in der positiven Richtung. Zum zweitenmal dreht man den einmal gedrehten Krystall um die Normale auf der Ebene $1' \equiv \zeta = 0$ um den Winkel $\nu_2 = 2' : 2 = 53^0 8'$ (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer) in der positiven Richtung. Das Signal der Fläche 2′ ist befriedigend, das des Fläche 2 ist mit der Divergenz $1^0 57'$, das der Fläche 3′ mit der Divergenz $0^0 38'$ vervielfältigt. Alle diese drei Flächen liegen in einer Zone, was daraus ersichtlich ist, daß man deren Winkel mit einer Justierung messen kann. Die Theorie erfordert die Zwillingswinkel $\nu_1 = 22^0 37'$ ($\cos\nu_1 = \frac{12}{13}$, $\sin\nu_1 = \frac{5}{13}$) und $\nu_2 = 53^0 8'$ ($\cos\nu_2 = \frac{3}{5}$, $\sin\nu_2 = \frac{4}{5}$), was mit dem zuletzt gemessenen Winkel präcis übereinstimmt. Die erste Drehung führt zur Zwillingsebene $(05\bar{1})_1$ und die zweite Drehung zur Zwillingsebene $(2\bar{1}0)_2$.

Nach den gegebenen Bedingungen sind die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen

$$\begin{array}{lll|lll}
\alpha_1 = 1, & \beta_1 = 0, & \gamma_1 = 0, & \delta_1 = \frac{3}{5}, & \varepsilon_1 = -\frac{4}{5}, & \vartheta_1 = 0, \\
\alpha_2 = 0, & \beta_2 = \frac{12}{13}, & \gamma_2 = -\frac{5}{13}, & \delta_2 = \frac{4}{5}, & \varepsilon_2 = \frac{3}{5}, & \vartheta_2 = 0, \\
\alpha_3 = 0, & \beta_3 = \frac{5}{13}, & \gamma_3 = \frac{12}{13}, & \delta_3 = 0, & \varepsilon_3 = 0, & \vartheta_3 = 1.
\end{array}$$

Für die resultierende Drehung berechnen wir

$$\begin{array}{lll}
\varkappa_1 = \frac{39}{65}, & \mu_1 = -\frac{48}{65}, & \tau_1 = \frac{20}{65}, \\
\varkappa_2 = \frac{52}{65}, & \mu_2 = \frac{36}{65}, & \tau_2 = -\frac{15}{65}, \\
\varkappa_3 = 0, & \mu_3 = \frac{25}{65}, & \tau_3 = \frac{60}{65}.
\end{array}$$

Vergleiche dieses Resultat mit der Erklärung der Lage bei den Krystallen $A'' : A$ (Fig. 24) im Absatze 14.

Nach den Eigenschaften der Richtungscosinus $\varkappa$, μ, τ läßt sich diese resultierende Drehung nicht auf die hemitrope Drehung überführen und nach den Formeln (5) und (6) l. c. berechnen wir $\cos\nu = \frac{6}{13}$, $\nu = 62^0 30'$ und die Drehungsaxe ist auf der Ebene (215) senkrecht.

Vertauschen wir die ungedrehten, homologen Axen, sodaß $X'' = Z$, $Y'' = X$, $Z'' = Y$ ist, so vertauschen wir die Spalten der resultierenden Richtungscosinus folgendermaßen:

$$\begin{array}{lll}
\varkappa'_1 = \frac{20}{65}, & \mu'_1 = \frac{39}{65}, & \tau'_1 = -\frac{48}{65}, \\
\varkappa'_2 = -\frac{15}{65}, & \mu'_2 = \frac{52}{65}, & \tau'_2 = \frac{36}{65}, \\
\varkappa'_3 = \frac{60}{65}, & \mu'_3 = 0, & \tau'_3 = \frac{25}{65}.
\end{array}$$

Aus diesen Bedingungen berechnet man $\cos\nu' = \frac{16}{65}$, $\nu' = 75^0 45'$ und die Drehungsaxe steht auf der Ebene (263) senkrecht, womit die völlige Übereinstimmung mit der Erklärung des Abschnittes 14 über das Verhältnis $A'' : A$ durchgeführt wird.

25. In Fig. 42 kann man die Lage des gedrehten Pyritwürfels von Příbram aus der ursprünglichen Lage durch zwei Drehungen ableiten. Zum ersten Male wird der Krystall um die Normale auf der Ebene $1 \equiv z = 0$ in der positiven Richtung um den Winkel $\nu_1 = 2' : 2 = 43^0 49'$ gedreht (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche 2′ befriedigend und das der Fläche 2 mit der Divergenz $0^0 13'$ vervielfältigt ist). Die Zwillingskante $2' : 2$ ist mit der Würfelkante $4 : 2$ oder $3 : 2$ parallel, sodaß man die Kanten dieser Ebenen mit einer Justierung messen kann.

Zum zweiten Male dreht man den einmal gedrehten Würfel um die Normale auf der Ebene $2' \equiv \xi = 0$ in der negativen Richtung um denselben Winkel $\nu_2 = \nu_1$, was aus den gemessenen, später angeführten Winkeln berechnet wurde.

Nehmen wir theoretisch $\nu_1 = \nu_2 = 43^0 36'$, $\cos\nu_1 = \frac{21}{29}$, $\sin\nu_1 = \frac{20}{29}$ an, so bekommen wir für die resultierenden Richtungscosinus der zweimal gedrehten Halbaxen folgende Werte:

$$\varkappa_1 = \frac{21}{29}, \qquad \mu_1 = -\frac{20}{29}, \qquad \tau_1 = 0,$$
$$\varkappa_2 = \frac{20.21}{29^2}, \qquad \mu_2 = \frac{21^2}{29^2}, \qquad \tau_2 = \frac{20}{29},$$
$$\varkappa_3 = -\frac{20^2}{29^2}, \qquad \mu_3 = -\frac{20.21}{29^2}, \qquad \tau_3 = \frac{21}{29}.$$

Aus diesen Bedingungen berechnen wir die meßbaren Zwillingswinkel:

	Berechnet:	Gemessen:
$\cos(4' : 2) = \frac{400}{841}$,	$4' : 2 = 61^0 36'$	$62^0 24'$
$\cos(3' : 2) = \frac{420}{841}$,	$3' : 2 = 60 \quad 2$	$59 \quad 35.$

Bei der ersten Messung ist das Signal der Fläche 4′ mit der Divergenz $0^0 20'$, das der Fläche 2 mit der Divergenz $1^0 0'$ vervielfältigt. Bei der zweiten Messung ist das Signal der Fläche 2 mit der Divergenz $0^0 57'$ und das der Fläche 3′ mit der Divergenz $0^0 40'$ vervielfältigt.

Die erste, oben angegebene Drehung um den Winkel ν_1 führt zur Zwillingsebene $(5\bar{2}0)_1$ oder $(250)_1$, durch die zweite Drehung um den Winkel ν_2 ist die Zwillingsebene $(052)_2$ oder $(02\bar{5})$ bestimmt.

Vertauschen wir die gedrehten, homologen Axen, daß wir $X'' = Z'$, $Y'' = -Y'$, $Z'' = X'$ machen und infolgedessen die Zeilen der resultierenden Richtungscosinus vertauschen, so berechnen wir die resultierende Zwillingsebene $(21.\overline{20}.29)$, und die hemitrope Zwillingsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht. Dazu gesellt sich noch die zweite hemitrope Zwillingsaxe [110].

26. An dem Příbramer Pyrit in Fig. 43 wurden mit dem Reflexionsgoniometer folgende Zwillingskanten gemessen: $3' : 3 = \nu_1 = 16^0 26'$, $2' : 2 = 30^0 9'$, $6' : 2 = 64^0 2'$, wobei die Kante $3' : 2$ mit der Würfelkante $2 : 3$ parallel ist. Die Winkel dieser Kanten kann man mit einer Justierung messen.

Bei der ersten Messung ist das Signal der Fläche 3′ mit der Divergenz $2^0 50'$, das der Fläche 3 mit der Divergenz $1^0 7'$ vervielfältigt, das Signal der Fläche 2 ist befriedigend; diese drei Flächen bilden eine Zone.

Bei der zweiten Messung ist das Signal der Fläche 2 mit der Divergenz $3^0 53'$, das der Fläche 2′ mit der Divergenz $3^0 32'$ vervielfältigt.

Bei der dritten Messung ist das Signal der Fläche 6′ mit der Divergenz $1^0 34'$, das der Fläche 2 mit der Divergenz $1^0 39'$ vervielfältigt.

Danach ist die Axe der ersten Drehung senkrecht zur Ebene $1 \equiv z = 0$ und der theoretische Drehungswinkel $\nu_1 = 16^0 16'$ ($\cos \nu_1 = \frac{24}{25}$, $\sin \nu_1 = \frac{7}{25}$) in der positiven Richtung. Diese Drehung führt von selbst zur Zwillingsebene $(7\bar{1}0)$.

Die zweite Drehungsaxe steht nach der Berechnung senkrecht zur Ebene $3' \equiv \eta = 0$ und der Drehungswinkel $\nu_2 = 25^0 59'$ ($\cos \nu_2 = \frac{80}{89}$, $\sin \nu_2 = \frac{39}{89}$) in der positiven Richtung. Diese zweite Drehung führt zur Zwillingsebene $(13.0.3)_2$ oder $(3.0.\bar{1}\bar{3})_2$; die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht.

Daraus berechnen wir nach der resultierenden Drehung $\cos(2' : 2) = \frac{384}{445}$, $2' : 2 = 30^0 21'$, $\cos(6' : 2) = \frac{936}{2225}$, $6' : 2 = 65^0 7'$. Vergleiche diese berechneten Winkel mit den oben angeführten gemessenen Winkeln!

27. Die Lage der Pyritwürfel von Příbram in Fig. 44 ist durch zwei Drehungen bestimmt: erstens um die Normale zur Fläche $2 \equiv x = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 16^0 10'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator) in der positiven Richtung. Die zweite Drehung geschieht um die Normale zur Fläche $1' \equiv \zeta = 0$ um den Winkel $\nu_2 = 2' : 2 = 28^0 21'$ in der positiven Richtung (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer). Die vervielfältigten Signale der Fläche 2′ divergieren um $0^0 30'$, die der Fläche 2 haben eine Divergenz von $3^0 10'$.

Nehmen wir theoretisch $\nu_1 = 16^0 16'$ ($\cos \nu_1 = \frac{24}{25}$, $\sin \nu_1 = \frac{7}{25}$), $\nu_2 = 28^0 4'$ ($\cos \nu_2 = \frac{15}{17}$, $\sin \nu_2 = \frac{8}{17}$) an, so bekommen wir für die erste Drehung die Zwillingsebene $(0\bar{7}1)$ und für die zweite Drehung $(4\bar{1}0)_2$.

28. In Fig. 45 ist ein Pyritwürfel A von Příbram abgebildet, aus dessen Fläche 2 die Ecken von zwei Würfeln A', A'' hervorragen. Die Flächen 2, 2′, 2″ liegen in derselben Zone, von der die Fläche 2″ mit ihrem Signal nur ein wenig abweicht. Das vervielfältigte Signal der Fläche 2 zeigt die Divergenz von $0^0 25'$, das der Fläche 2′ die Divergenz $0^0 24'$ und das der

Fläche 2″ die Divergenz 0° 53′. Mit dem Reflexionsgoniometer wurden die Winkel $\nu'_1 = 2:2' = 27°18'$, $\nu''_1 = 2:2'' = 26°0'$, mit dem Verticalilluminator wurden die Winkel $\nu'_2 = 14°9'$, $\nu''_2 = 10°39'$ gemessen.

Nehmen wir für die Lage der Würfel $A':A$ die theoretischen Winkel $\nu'_1 = 2:2' = 28°4'$ ($\cos\nu'_1 = \frac{15}{17}$, $\sin\nu'_1 = \frac{8}{17}$), $\nu'_2 = 14°15'$ ($\cos\nu'_2 = \frac{63}{65}$, $\sin\nu'_2 = \frac{16}{65}$) an, so berechnen wir die Zwillingsebenen $(410)_1 \times (081)_2$.

Der gegenseitigen Lage der Würfel $A'':A$ entsprechen die theoretischen Winkel $\nu''_1 = 2:2'' = 25°59'$ ($\cos\nu''_1 = \frac{80}{89}$, $\sin\nu''_1 = \frac{39}{89}$), $\nu''_2 = 10°23{,}5'$ ($\cos\nu''_2 = \frac{60}{61}$, $\sin\nu''_2 = \frac{11}{61}$). Aus diesen Bedingungen berechnet man die Zwillingsebenen $(13.\bar{3}.0)_1 \times (0.\bar{1}\bar{1}.1)_2$.

29. An den Pyrithexaëdern von Příbram (Fig. 46) liegen die Flächen 2, 2′, 4′ in derselben Zone, sodaß man deren Kanten mit einer Justierung messen konnte. Folgende Winkel wurden gemessen: 1. mit dem Verticalilluminator $\nu_1 = 14°41'$, 2. mit dem Reflexionsgoniometer $\nu_2 = 2':2 = 37°18'$, $2':4' = 89°18'$. Die Signale der Flächen 2′ und 2 sind befriedigend, das Signal der Fläche 4′ ist mit der Divergenz 0°10′ vervielfältigt. Führen wir die theoretischen Winkel $\nu_1 = 14°15'$ ($\cos\nu_1 = \frac{63}{65}$, $\sin\nu_1 = \frac{16}{65}$), $\nu_2 = 36°52'$ ($\cos\nu_2 = \frac{4}{5}$, $\sin\nu_2 = \frac{3}{5}$) ein, so bestimmen wir die Zwillingsebenen $(081)_1 \times (310)_2$.

30. In Fig. 47 sind die Pyritwürfel von Příbram abgebildet, an denen die Winkel $\nu_1 = 3':3 = 52°30'$, $3':2 = 36°47'$, $2:3 = 89°17'$ mit einer Justierung gemessen wurden, wobei die Signale der Flächen 2, 3 befriedigend waren, das Signal der Fläche 3′ mit der Divergenz 0°54′ vervielfältigt war. Das Signal der Fläche 2 wich ein wenig aus der Zone ab. Weiter wurde der Winkel $\omega = 5':3 = 47°56'$ gemessen; das Signal der Fläche 5′ ist befriedigend, das der Fläche 3 ist mit der Divergenz 0°40′ vervielfältigt.

Aus diesen Bedingungen bestimmt man die hemitropen Axen auf folgende Weise: Der Würfel wird zuerst aus der normalen Lage um die Normale auf der Fläche $1 \equiv x = 0$ um den theoretischen Winkel $\nu_1 = 3':3 = 53°8'$ ($\cos\nu_1 = \frac{3}{5}$, $\sin\nu_1 = \frac{4}{5}$) in der positiven Richtung gedreht. Danach sind die Richtungscosinus der einmal gedrehten Halbaxen

$$\begin{array}{lll} \alpha_1 = \frac{3}{5}, & \beta_1 = -\frac{4}{5}, & \gamma_1 = 0, \\ \alpha_2 = \frac{4}{5}, & \beta_2 = \frac{3}{5}, & \gamma_2 = 0, \\ \alpha_3 = 0, & \beta_3 = 0, & \gamma_3 = 1, \end{array}$$

womit die Zwillingsebene $(2\bar{1}0)_1$ bestimmt ist.

Die zweite Drehung geschieht um die Normale auf der Ebene $3' \equiv y' = 0$ oder $R \equiv \frac{4}{5}x + \frac{3}{5}y = 0$ um den unbekannten Winkel ν_2 in der negativen Richtung, sodaß $\omega = 5':3 = 47°56'$ ist. Der Winkel ν_2 wird nach der Anleitung in dieser Zeitschr. 1901, **35**, 482, auf folgende Weise berechnet: Die Gleichung der Ebene $5_1 \equiv -x' = 0$ wird nach der ersten

Drehung transformiert $5_1 \equiv -\frac{3}{5}x + \frac{4}{5}y = 0$. Nach der zweiten Drehung wird diese Ebene $5' \equiv U' \equiv -\frac{3}{5}\xi + \frac{4}{5}\eta = 0$. Weiter ist hier die Ebene $T \equiv 3 \equiv y = 0$. Aus diesen Größen berechnen wir $M = 0$, $N = -\frac{4}{5}$, $P = 0$, $\cos\nu_2 = -\frac{\cos\omega}{N} = \frac{5\cos 47^0 56'}{4}$, sodaß $\nu_2 = 33^0 7'$ ist. Dieser berechnete Winkel stimmt gut mit dem theoretischen $\nu_2 = 33^0 24'$ überein, dessen $\cos\nu_2 = \frac{91}{109}$, $\sin\nu_2 = \frac{60}{109}$ ist. Daraus folgt die Zwillingsebene $(10.0.\bar{3})_2$.

Für die resultierende Drehung erhalten wir folgende Richtungscosinus der zweimal gedrehten Halbaxen:

$$\begin{aligned}
\varkappa_1 &= \tfrac{273}{545}, & \mu_1 &= -\tfrac{364}{545}, & \tau_1 &= -\tfrac{300}{545}, \\
\varkappa_2 &= \tfrac{436}{545}, & \mu_2 &= \tfrac{327}{545}, & \tau_2 &= 0, \\
\varkappa_3 &= \tfrac{180}{545}, & \mu_3 &= -\tfrac{240}{545}, & \tau_3 &= \tfrac{455}{545}.
\end{aligned}$$

Aus diesen Bedingungen berechnen wir $\cos(5':3) = \frac{364}{545}$, $5':3 = 48^0 6'$, (gemessen $47^0 56'$). Die resultierende Drehungsaxe steht auf der Ebene $(3.6.\bar{1}\bar{0})$ senkrecht und $\cos\nu = \frac{51}{109}$, $\nu = 62^0 6'$.

31. Am Příbramer Pyritzwilling in Fig. 48 ist die Kante $2':2$ parallel mit der Hexaëderkante $2:3$ und der Winkel $\nu_1 = 2':2 = 42^0 5'$ (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das vervielfältigte Signal der Fläche 2 die Divergenz $2^0 12'$, das der Fläche $2'$ die Divergenz $0^0 38'$ zeigt). Danach geschieht die erste Drehung in der negativen Richtung um die Normale auf der Ebene (001) um den theoretischen Winkel $\nu_1 = 42^0 4\frac{1}{2}'$ ($\cos\nu_1 = \frac{72}{97}$, $\sin\nu_1 = \frac{65}{97}$). Dadurch wird die Zwillingsebene $(13.5.0)_1$ bestimmt.

Mit dem Verticalilluminator wurde der Winkel $\nu_2 = 43^0 41'$ gemessen, welcher gut mit dem theoretischen $\nu_2 = 43^0 36'$ ($\cos\nu_2 = \frac{21}{29}$, $\sin\nu_2 = \frac{20}{29}$) übereinstimmt. Diese zweite Drehung wird um die Normale zur Ebene $2' \equiv \xi = 0$ in der negativen Richtung durchgeführt. Aus dieser zweiten Drehung bestimmen wir die Zwillingsebene $(052)_2$.

	Berechnet:	Gemessen:
$4':2$	$= 60^0 58'$	$61^0\ 7'$
$1':2$	$= 62\ 28$	$61\ 41$

Bei dieser ersten Messung zeigt das vervielfältigte Signal der Fläche $4'$ die Divergenz $0^0 53'$, das der Fläche 2 die Divergenz $1^0 0'$. Bei der zweiten Messung ist das Signal der Fläche $1'$ mit der Divergenz $0^0 20'$, das der Fläche 2 mit der Divergenz $1^0 21'$ vervielfältigt.

Der Zwilling in Fig. 48 ist dem Zwillinge in Fig. 42 sehr ähnlich.

32. In Fig. 49 ist ein Pyritzwilling von Příbram abgebildet, in welchem die Lage des Hexaëders A' durch zwei Drehungen abgeleitet wird: zuerst um die Normale auf der Ebene $1 \equiv x = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 2':2 = 20^0 46'$ in der positiven Richtung (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche 2 mit der Divergenz $3^0 29'$, das der Fläche $2'$ mit

der Divergenz $4^0 0'$ vervielfältigt ist). Nehmen wir den theoretischen Winkel $\nu_1 = 20^0 36\frac{1}{2}'$ ($\cos\nu_1 = \frac{117}{125}$, $\sin\nu_1 = \frac{44}{125}$) an, so bekommen wir die Zwillingsebene $(2.11.0)_1$.

Die zweite Drehung geschieht in der negativen Richtung um die Normale auf der Ebene $\mathbf{2} \equiv x = 0$, [$R \equiv ax = 0$ im Sinne der Anleitung in dieser Zeitschr. 1901, **35**, 482] um den unbekannten Winkel ν_2, sodaß der gemessene Winkel $\omega = 3' : 3 = 37^0 39'$ ist. Das Signal der Fläche $3'$ ist mit der Divergenz $3^0 39'$, das der Fläche 3 mit der Divergenz $2^0 41'$ vervielfältigt. Die Ebene **3** hat die Gleichung $\mathbf{3} \equiv y = 0$ [$T \equiv ky = 0$], die Fläche $3_1' \equiv y' = 0$ nach der ersten Drehung hat die normale Gleichung

$$3_1' \equiv \frac{44\,\xi}{125} + \frac{117\,\eta}{125} = 0,\ [U' \equiv d\,\xi + e\,\eta = 0].$$

Bezeichnen wir $\varphi = U:R$, $\varrho = U:T$, $\sigma = T:R$, sodaß $\cos\varphi = \frac{44}{125}$, $\cos\varrho = \frac{117}{125}$, $\cos\sigma = 0$, $M = 0$, $N = -\frac{117}{125} = -\cos\nu_1$, $P = 0$, so berechnen wir nach (3) l. c.[1])

$$\cos\nu_2 = \frac{\cos\omega}{\cos\nu_1} = \frac{\cos 37^0 39'}{\cos 20^0 46'},\ \nu_2 = 32^0 8'.$$

Mit diesem Winkel stimmt gut der theoretische Winkel $\nu_2 = 31^0 53\frac{1}{2}'$ überein, sodaß man in der Rechnung $\cos\nu_2 = \frac{45}{53}$, $\sin\nu_2 = \frac{28}{53}$ annehmen kann. Diese zweite Drehung bestimmt die Zwillingsebene $(072)_2$.

Danach ist

	Berechnet:	Gemessen:
$\cos(3':2) = \frac{44}{125}$,	$3':2 = 69^0 23\frac{1}{2}'$	$69^0 16'$
$\cos(3':1) = \frac{3276}{6625}$,	$3':1 = 60\ \ 22$	$59\ \ 22$

Bei der ersten Messung ist das Signal der Fläche $3'$ mit der Divergenz $0^0 33'$, das der Fläche **2** mit der Divergenz $3^0 29'$ vervielfältigt. Bei der zweiten Messung ist das Signal der Fläche $3'$ mit der Divergenz $3^0 3'$ vervielfältigt, das der Fläche **1** ist befriedigend.

Interessant ist die Fläche $3''$ des dritten Krystalles, welche in der Zone $[2':3']$ liegt und aus der Fläche $3'$ hervorragt. Der Zwillingswinkel $\nu_3 = 3'':3' = 2^0 56'$ (gemessen mit befriedigenden Signalen). Danach läßt sich seine Lage durch die Drehung des Würfels A' um die Normale auf $1' \equiv \zeta = 0$ um den Winkel ν_3 in der negativen Richtung erklären, $\cos\nu_3 = \frac{760}{761}$, $\sin\nu_3 = \frac{39}{760}$, sodaß der theoretische mit dem gemessenen Winkel auf eine Minute übereinstimmt. Diese dritte Drehung führt zur Zwillingsebene (1.39.0). Die Fläche $3''$ gibt zwei ganz bestimmte Signale, welche voneinander in der Zone $[2':3']$ um $0^0 42'$ divergieren. Daraus erkennen wir, daß die Fläche $3''$ von zwei Vicinalflächen (1.165.0) und $(\bar{1}.165.0)$ gebildet ist.

---

1) Siehe die Anmerkung 1) in dieser Zeitschr. 1907, **43**, 276.

33. Die gegenseitige Lage der Pyritkrystalle von Příbram (Fig. 50) kann man durch zwei Drehungen bestimmen: zuerst um die Normale auf der Ebene $2 \equiv x = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 19^0 19'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator) in der positiven Richtung. Theoretisch kann man den Winkel $\nu_1 = 18^0 55'$ ($\cos \nu_1 = \frac{35}{37}$, $\sin \nu_1 = \frac{12}{37}$) annehmen. Weiter wurde der Winkel $3' : 2 = 12^0 10'$ mit dem Reflexionsgoniometer gemessen, sodaß der zweite Drehungswinkel um die Normale auf $1' \equiv \zeta = 0$ $\nu_2 = 90^0 - 12^0 10' = 77^0 50'$ in der positiven Richtung beträgt. In die Rechnung können wir den theoretischen Winkel $\nu_2 = 77^0 19'$, $\cos \nu_2 = \frac{9}{41}$, $\sin \nu_2 = \frac{40}{41}$ einführen. Die Divergenz des vervielfältigten Signals bei der Fläche 3′ ist $1^0 52'$, die der Fläche 2 ist $1^0 45'$ groß. Aus diesen Bedingungen bestimmen wir die Zwillingsebene $(016)_1 \times (5\bar{4}0)_2$.

34. In Fig. 51 läßt sich die Lage des gedrehten Pyritwürfels von Příbram durch zwei Drehungen bestimmen: erstens um die Normale auf der Ebene $1 \equiv x = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 3' : 3 = 90^0 - (3' : 2) = 90^0 - 29^0 29' = 60^0 31'$ in der positiven Richtung. Bei dieser Messung ist das Signal der Fläche 2 bestimmt, das der Fläche 3′ mit der Divergenz $2^0 54'$ vervielfältigt. Theoretisch kann man in die Rechnung $\nu_1 = 59^0 29'$, $\cos \nu_1 = \frac{33}{65}$, $\sin \nu_1 = \frac{56}{65}$ aufnehmen.

Der zweite Drehungswinkel um die Normale auf $3' \equiv \eta = 0$ in der positiven Richtung beträgt $\nu_2 = 22^0 46'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator), sodaß wir theoretisch $\nu_2 = 22^0 37'$, $\cos \nu_2 = \frac{12}{13}$, $\sin \nu_2 = \frac{5}{13}$ annehmen können.

Mit diesen zwei Drehungen sind die Zwillingsebenen $(7\bar{4}0)_1 \times (501)_2$ bestimmt und die hemitropen Zwillingsaxen stehen auf diesen Ebenen senkrecht. Danach ist

	Berechnet:	Gemessen:
$\cos (2' : 2) = \frac{396}{845}$,	$2' : 2 = 62^0 3'$	$61^0 8'$.

Die Signale dieser Flächen sind unbestimmt.

35. Wollen wir die Lage der Pyritwürfel von Příbram (Fig. 52) bestimmen, so drehen wir zuerst den Krystall aus der ursprünglichen Lage um die Normale auf $2 \equiv x = 0$ in der negativen Richtung um den Winkel $\nu_1 = 22^0 29'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator), sodaß wir theoretisch $\nu_1 = 22^0 37'$ ($\cos \nu_1 = \frac{12}{13}$, $\sin \nu_1 = \frac{5}{13}$) annehmen können.

Die zweite Drehung geschieht um die Normale auf $1' \equiv \zeta = 0$ um den Winkel $\nu_2 = 2' : 2 = 30^0 42'$ (gemessen mit deutlichen Signalen im Reflexionsgoniometer) in der negativen Richtung; theoretisch ist $\nu_2 = 30^0 30\frac{1}{2}'$, $\cos \nu_2 = \frac{56}{65}$, $\sin \nu_2 = \frac{33}{65}$. Diese beiden Drehungen führen zu den Zwillingsebenen $(0\bar{1}5)_1 \times (11.3.0)_2$. Die Zwillingsebene $(11.3.0)$ ist mit der Zwillingsebene (740) in Fig. 51 complementär.

36. Die Lage des gedrehten Pyritwürfels von Příbram in Fig. 53 läßt sich durch zwei Drehungen bestimmen: zuerst um die Normale auf $1 \equiv x = 0$

in der negativen Richtung um den Winkel $\nu_1 = 4' : 4 = 90^0 - (4' : 2) = 33^0 54'$ (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche 4' mit der Divergenz $0^0 38'$, das der Fläche 2 mit der Divergenz $2^0 48'$ vervielfältigt ist). Theoretisch kann man $\nu_1 = 33^0 24'$, $\cos \nu_1 = \frac{91}{109}$, $\sin \nu_1 = \frac{60}{109}$ annehmen.

Der zweite Drehungswinkel ν_2 um die Normale auf $4' \equiv -\eta = 0$ in der negativen Richtung beträgt $1' : 1 = 90^0 - (2' : 1) = 15^0 55'$ (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche 2' befriedigend ist, das Signal der Fläche 6, welche gegen die Fläche 1 liegt, divergiert mit seinen Grenzen $0^0 57'$). Theoretisch kann man $\nu_2 = 16^0 16'$, $\cos \nu_2 = \frac{24}{25}$, $\sin \nu_2 = \frac{7}{25}$ annehmen. Dadurch sind die Zwillingsebenen $(10.3.0)_1 \times (701)_2$ bestimmt.

37. An den Příbramer Pyritwürfeln in Fig. 54 wurde der Winkel $\nu_1 = 73^0 35'$ mit dem Verticalilluminator gemessen, sodaß die erste Drehung um den theoretischen Winkel $\nu_1 = 73^0 44'$ ($\cos \nu_1 = \frac{7}{25}$, $\sin \nu_1 = \frac{24}{25}$) um die Normale auf $2 \equiv x = 0$ in der positiven Richtung geschieht. Dazu gesellt sich der zweite Drehungswinkel $\nu_2 = 2' : 2 = 13^0 58'$ in der positiven Richtung um die Normale auf $4' \equiv -\eta = 0$ (gemessen mit bestimmten Signalen im Reflexionsgoniometer, aber das Signal der Fläche 2 ist mit der Divergenz von $1^0 48'$ zweiteilig). Mit diesem gemessenen Winkel stimmt gut der theoretische Winkel $\nu_2 = 14^0 15'$ ($\cos \nu_2 = \frac{63}{65}$, $\sin \nu_2 = \frac{16}{65}$) überein. Aus diesen Bedingungen berechnet man die Zwillingsebenen $(04\bar{3})_1 \times (80\bar{1})_2$.

38. Eine interessante Combination der einfachen Fälle von Zwillingsebenen befindet sich an den Pyritwürfeln von Příbram (Fig. 55), welche in den Sammlungen in Kremsmünster aufbewahrt sind. Die Ebene 2'' fällt mit der Ebene 2 zusammen, sodaß der Reflex von beiden Flächen gleichzeitig beginnt und endet; $\nu_1 = 36^0 52'$, $\nu_2 = 2' : 2 = 2' : 2'' = 46^0 36'$, $\nu_3 = 16^0 16'$. Diesen theoretischen Winkeln entsprechen die gemessenen, wie sie aus passend eingelegten Kartonausschnitten erhalten wurden. Danach ist $\cos \nu_1 = \frac{4}{5}$, $\cos \nu_2 = \frac{21}{29}$, $\cos \nu_3 = \frac{24}{25}$, aus welchen Bedingungen die Lage der abgebildeten Würfel durch folgende Zwillingsebenen bestimmt ist: $A : A' = (013)_1 \times (520)_2$, $A' : A'' = (012)_1 \times (520)_2$, $A : A'' = (071)$. Dabei erkennen wir das bemerkenswerte Verhältnis zwischen den Zwillingsebenen bei derselben Drehungsaxe $(012) - (013) = (017)$, denn es ist $53^0 8' - 36^0 52' = 16^0 16'$.

39. An einer Pyritdruse von Schemnitz mit der Combination {111}, {100} habe ich dreimal den Zwilling des in Fig. 56 und 57 abgebildeten Habitus beobachtet. Aus dem Parallelismus der Kanten derselben Zone und aus dem Parallelismus der Flächen *IV* und *IV'* resultiert die Zwillingsebene $(11\bar{1})$. Eine Verschiedenheit der Tetraëderflächen habe ich nicht konstatieren

können. Fig. 57 unterscheidet sich von der Fig. 56 nur dadurch, daß der gedrehte Krystall in Fig. 56 aus der Zwillingsebene $IV = (11\bar{1})$ und jener in Fig. 57 mit der parallelen Verschiebung aus der Ebene $I = (111)$ hervorragt, obwohl eine Zwillingsebene $(11\bar{1})$ dieselbe ist.

40. In Fig. 58 ist ein Pyritzwilling von Příbram abgebildet, dessen Krystalle von den Flächen $\{111\}$, $\{210\}$ begrenzt sind.

	Gemessen:	Berechnet:
$I : II = (111) : (1\bar{1}1) =$	$70^{0}50'$	$70^{0}39'$,

wobei das Signal der Fläche I genug bestimmt ist, das der Fläche II mit der Divergenz $0^{0}34'$ vervielfältigt ist.

	Gemessen:	Berechnet:
$I : 3 = (111) : (210) =$	$39^{0}13'$	$39^{0}14$.

Die Flächen I, I' sind parallel, da der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet. Der Winkel $II' : II = \omega = 21^{0}16'$ (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche II mit der Divergenz $0^{0}57'$ vervielfältigt ist, das der Fläche II' genügend bestimmt ist). Die Drehungsaxe ist zur Ebene $I \equiv \frac{x}{\sqrt{3}} + \frac{y}{\sqrt{3}} + \frac{z}{\sqrt{3}} = 0\,[R]$ senkrecht und die Drehung geschieht in der negativen Richtung um den unbekannten Winkel ν, sodaß wir nach der Anleitung in dieser Zeitschr. 1901, **35**, 483

$$\cos\nu = \frac{M - \cos\omega}{N} = \frac{\cos^2\sigma - \cos\omega}{\cos^2\sigma - 1}$$

berechnen.

$$II \equiv \frac{x}{\sqrt{3}} - \frac{y}{\sqrt{3}} + \frac{z}{\sqrt{3}} = 0\,[T],$$

$$II' \equiv \frac{\xi}{\sqrt{3}} - \frac{\eta}{\sqrt{3}} + \frac{\zeta}{\sqrt{3}} = 0\,[U'];$$

daraus berechnen wir $M = \cos^2\sigma = \frac{1}{9}$, sodaß $\nu = 22^{0}34'$ ist. Theoretisch ist der Winkel $\nu = 21^{0}47\frac{1}{2}'$ möglich, dessen $\cos\nu = \frac{13}{14}$, $\sin\nu = \frac{3\sqrt{3}}{14}$ ist. Nehmen wir diese Werte in Rechnung, so bestimmen wir die hemitrope Zwillingsaxe $[14\bar{5}]$, wozu noch die zweite hemitrope Zwillingsaxe $[110]$ hinzutritt.

41. Eine Druse des Příbramer Pyrites in den Sammlungen der Wiener Universität (No. 1835) enthält Krystalle $\{210\}$, welche senkrecht auf die hexaëdrische Kante gestreift sind. An einem Krystalle wurde der Winkel $(210) : (2\bar{1}0) = 53^{0}43'$ mit allgemeinem Reflexe im Reflexionsgoniometer gemessen (berechnet $53^{0}8'$). An dieser Druse ist ein Zwilling (Fig: 59) dadurch charakteristisch, daß die Flächen $3' \parallel 3$, $5' \parallel 1$, $4' \parallel 6$ paarweise parallel sind, was wir danach erkennen, daß der Reflex von diesen Flächen

gleichzeitig beginnt und endet. Daraus kann man die Folgerung ableiten, daß folgende Kanten paarweise parallel sind, nämlich $N'H' \parallel DE$, $N'Q' \parallel EH$. Man tut diesen Bedingungen Genüge, wenn man den Krystall aus der ursprünglichen Lage um den Winkel $\nu = 180^0 - 48^0 11' = 131^0 49'$ um die Normale auf $3 \equiv 2x + y = 0$ in der negativen Richtung dreht, sodaß $\cos\nu = -\frac{2}{3}$, $\sin\nu = \frac{\sqrt{5}}{3}$, ist. Daraus berechnet man die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen:

$$\begin{array}{lll} \alpha_1 = \frac{2}{3}, & \beta_1 = \frac{2}{3}, & \gamma_1 = -\frac{1}{3}, \\ \alpha_2 = \frac{2}{3}, & \beta_2 = -\frac{1}{3}, & \gamma_2 = \frac{2}{3}, \\ \alpha_3 = \frac{1}{3}, & \beta_3 = -\frac{2}{3}, & \gamma_3 = -\frac{2}{3}. \end{array}$$

Die Gleichung der Ebene $3' \equiv 2\xi + \eta = 0$ transformiert in das ursprüngliche Coordinatensystem, erhält folgende Form $3' = 2x + y = 0$, was auch die Gleichung der Ebene 3 bedeutet.

Die Gleichung der Fläche $5' \equiv 2\eta - \zeta = 0$ transformiert, ändert sich folgendermaßen $5' \equiv x + 2z = 0$, was die Gleichung der Fläche 1 ist.

Weiter transformiert man die Gleichung der Fläche $4' \equiv \xi - 2\zeta = 0$ auf die Form $4' \equiv 2y + z = 0$, was die Gleichung der Fläche 6 bedeutet.

Wollen wir die angegebene Drehung auf die hemitrope Axe überführen, so müssen wir den Bedingungen l. c. in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 470, 471 (3), (7) durch Vertauschung der homologen, ungedrehten Halbaxen $X' = -X$, $Y' = -Y$, $Z' = Z$ genügen, sodaß die Spalten der Richtungscosinus umgeändert werden:

$$\begin{array}{rrr} -\frac{2}{3}, & -\frac{2}{3}, & -\frac{1}{3}, \\ -\frac{2}{3}, & \frac{1}{3}, & \frac{2}{3}, \\ -\frac{1}{3}, & \frac{2}{3}, & -\frac{2}{3}. \end{array}$$

Dadurch ist die hemitrope Zwillingsaxe $(1\bar{2}\bar{1})$ bestimmt.

Fig. 60 stellt einen ähnlichen Pyritzwilling aus Elba dar, der sich am Rande einer Druse im k. k. Hofmuseum im Wien (Sign. A. i. 891) befindet. Die Lage des gedrehten Krystalles läßt sich durch die hemitrope Axe ableiten, welche senkrecht auf $(12\bar{1})$ steht, weil er nach der Spiegelfläche (010) zu dem gedrehten Krystalle der Fig. 59 symmetrisch liegt. Die Flächen $2' \parallel 2$, $12' \parallel 1$, $4' \parallel 7$ sind in Fig. 60 paarweise parallel (vergleiche die Zahlen der Flächen mit Fig. 2).

42. In Fig. 61 ist ein Pyritzwilling von Příbram abgebildet, dessen umgrenzende Flächen {210}, {100}, {111} sind. Die Zwillingslage kann man durch Drehung des Krystalles aus der ursprünglichen Lage um die Normale auf die Fläche $4 \equiv x - 2z = 0$ um den Winkel $\nu = 58^0 24\frac{1}{2}'$ bestimmen, sodaß die Fläche 2′ sich parallel zur Fläche 3 des ursprünglichen Krystalles stellt; $\cos\nu = \frac{11}{21}$, $\sin\nu = \frac{8\sqrt{5}}{21}$. Dabei bleibt Fläche 4′ mit der Fläche 4

parallel. Dieser Fall ist schon in dieser Zeitschr. 1890, **18**, 476 gelöst, wo derselbe in Fig. 5 idealisiert ist, und führt zur Zwillingsebene $(2\bar{4}1)$. Beide sich durchwachsende Krystalle sind beinahe gleich groß.

Dieselbe Zwillingslage bemerken wir in Fig. 62 am Pyrit von St. Pierre du Mésage, Departement Isère, in den mineralogischen Sammlungen des Bayerischen Staates in München (Sig. 12), aber der gedrehte Krystall ist viel kleiner als der Krystall der ursprünglichen Lage. Die Krystalle sind mit folgenden Flächen begrenzt:

	Gemessen:	Berechnet:
$(2\bar{1}0):(210)$	$= 53^0\ 0'$	$53^0\ 7\frac{1}{2}'$
$(102):d(101)$	$= 18\ 10$	$18\ 26$
$(102):\zeta(506)$	$= 13\ 15$	$13\ 14$
$d(101):\zeta(506)$	$= 4\ 55$	$5\ 12.$

Die Signale dieser Flächen sind befriedigend. Die Flächen $\{210\}$ sind parallel mit den Combinationskanten $\{650\}$ gestreift. Die Flächen $2' \parallel 3$, $4' \parallel 4$ sind paarweise wie in Fig. 61 parallel, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet. Die Streifung auf den Flächen $2'$ und 3 schließt den Winkel $25^0 12'$ ein.

43. An einer Pyritdruse von Příbram von $\{210\}$ wurde der Zwilling (Fig. 63) beobachtet, an welchem die Flächen $3'$ und 3 parallel sind, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet; die Drehungsaxe ist senkrecht zur Ebene $3 \equiv 2x + y = 0$ und der Drehungswinkel $\nu = 180^0 - 67^0 43'$ in der negativen Richtung (gemessen mit dem gläsernen Transporteur); $\cos\nu = -\frac{11}{29}$, $\sin\nu = \frac{12\sqrt{5}}{29}$. Aus diesen Bedingungen folgen die Richtungscosinus der gedrehten Halbaxen:

$$\alpha_1 = \tfrac{21}{29}, \quad \beta_1 = \tfrac{16}{29}, \quad \gamma_1 = -\tfrac{12}{29},$$
$$\alpha_2 = \tfrac{16}{29}, \quad \beta_2 = -\tfrac{3}{29}, \quad \gamma_2 = \tfrac{24}{29},$$
$$\alpha_3 = \tfrac{12}{29}, \quad \beta_3 = -\tfrac{24}{29}, \quad \gamma_3 = -\tfrac{11}{29}.$$

Den Bedingungen der hemitropen Zwillingsaxe werden wir genügen, wenn wir die homologen Halbaxen $X_1 = -X$, $Y_1 = -Y$, $Z_1 = Z$ vertauschen, womit wir die Zwillingsebene $(\bar{2}43)$ berechnen. Andere Winkel konnte man nicht messen.

44. In Fig. 64 ist ein Pyritzwilling von St. Agnes (Cornwall) abgebildet, welcher im Dresdener Museum (Zwinger) unter der No. 92 aufbewahrt ist. Die Flächen $\{210\}$ sind senkrecht zur Hexaëderkante gestreift und aus der Fläche 1 ragt der zweite, kleinere Krystall empor, sodaß seine Fläche $1'$ parallel mit der Fläche 1 ist; der Reflex von diesen beiden Flächen beginnt und endet gleichzeitig. Danach steht die Drehungsaxe senkrecht auf der Fläche $1 \equiv x + 2z = 0$ und der Drehungswinkel

$\nu = 180^0 - 12^0 45'$ in der negativen Richtung (gemessen mit dem gläsernen Transporteur); $\cos\nu = -\frac{79}{81}$, $\sin\nu = \frac{8\sqrt{5}}{81}$. Daraus berechnen wir die hemitrope Zwillingsaxe $[81\bar{4}]$.

45. In Fig. 65 am Pyritkrystalle $\{210\}$ von Brosso, Piemont (in den Sammlungen des k. k. Hofmuseums in Wien, F. 2897) ragt aus der Fläche 2 der zweite Krystall hervor, dessen Fläche 1′ mit der Fläche 1 parallel ist, da der Reflex von diesen beiden Flächen gleichzeitig beginnt und endet. Danach steht die Drehungsaxe zur Ebene $1 \equiv x + 2z = 0$ senkrecht und der Drehungswinkel $\nu = 27^0 54'$ in der negativen Richtung (gemessen mit ausgeschnittenem Papier); $\cos\nu = \frac{38}{43}$, $\sin\nu = \frac{9\sqrt{5}}{43}$. Aus diesen Bedingungen bestimmen wir die hemitrope Zwillingsaxe $[29\bar{1}]$. Die gemessenen Zwillingswinkel $3' : 2 = 77^0 38\frac{1}{2}'$, $\cos(3' : 2) = \frac{46}{215}$, $2' : 2 = 25^0 32'$, $\cos(2' : 2) = \frac{194}{215}$ stimmen mit den theoretischen überein. Die Flächen $\{210\}$ sind zu den Hexaëderkanten parallel gestreift.

46. In den mineralogischen Sammlungen des Bayerischen Staates in München wird unter der Signatur 18. *D. L.* eine Pyritdruse aus Elba aufbewahrt, an welcher sich der abgebildete Zwilling (Fig. 66) befindet. Die Flächen 1′ und 1 sind parallel, da der Reflex von denselben gleichzeitig beginnt und endet. Darum ist die Drehungsaxe zur Ebene $1 \equiv x + 2z = 0$ senkrecht und der Drehungswinkel $\nu = 19^0 31'$ in der positiven Richtung (gemessen mit ausgeschnittenem Papier); $\cos\nu = \frac{82}{87}$, $\sin\nu = \frac{13\sqrt{5}}{87}$. Dadurch ist die hemitrope Zwillingsaxe $[2.\overline{13}.\bar{1}]$ bestimmt. Andere Winkel konnte man nicht messen.

47. An derselben Druse befindet sich auch der Pyritzwilling, welcher in Fig. 67 abgebildet ist. Die Flächen 1′, 1 sind parallel, da der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet. Die Drehung geschieht um die Normale auf der Ebene $1 \equiv x + 2z = 0$ um den Winkel $\nu = 10^0 14'$ in der positiven Richtung (gemessen mit ausgeschnittenem Papier und mit dem gläsernen Transporteur); $\cos\nu = \frac{62}{63}$, $\sin\nu = \frac{5\sqrt{5}}{63}$. Aus diesen Bedingungen bestimmt man die Zwillingsebene $(2.\overline{25}.\bar{1})$ und die hemitrope Zwillingsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht.

48. In den miner. Sammlungen der k. k. Wiener Universität ist eine Pyritdruse $\{210\}$ ohne nähere Bestimmung des Fundortes unter der Signatur 4710 aufbewahrt. An derselben wurde ein Pyritzwilling (Fig. 68) beobachtet, dessen Zwillingskanten mit der Kante *EH* parallel sind. Da die Kante *EH* auf der Ebene $(1\bar{2}4)$ senkrecht steht, so kann man die Zwillings-

lage durch zwei Drehungen ableiten. Die erste Drehung geschieht um die Normale zur Ebene $x - 2y + 4z = 0$ um den Winkel $\nu_1 = 3' : 3 = 30^0$ in der positiven Richtung (gemessen mit ausgeschnittenem Papier); theoretisch kann man $\nu_1 = 30^0 10'$, $\cos\nu_1 = \frac{134}{155}$, $\sin\nu_1 = \frac{17\sqrt{21}}{155}$ annehmen. Die Richtungscosinus der einmal gedrehten Halbaxen sind folgende:

$$\alpha_1 = \tfrac{135}{155},\quad \beta_1 = -\tfrac{70}{155},\quad \gamma_1 = -\tfrac{30}{155},$$
$$\alpha_2 = \tfrac{66}{155},\quad \beta_2 = \tfrac{138}{155},\quad \gamma_2 = -\tfrac{25}{155},$$
$$\alpha_3 = \tfrac{38}{155},\quad \beta_3 = \tfrac{9}{155},\quad \gamma_3 = \tfrac{150}{155}.$$

Diese Drehung an und für sich kann man nicht auf hemitrope Drehung zurückführen.

Nach der Streifung auf den Flächen des gedrehten Krystalles erkennen wir, daß zu dieser ersten noch eine zweite Drehung um die Normale zur Ebene $3' \equiv 2\xi + \eta = 0$ um den Winkel $\nu_2 = 73^0 24'$ in der positiven Richtung hinzutritt. Dadurch kommt die Fläche 1′ an Stelle der Ebene 6 des einmal gedrehten Krystalles; $\cos\nu_2 = \frac{2}{7}$, $\sin\nu_2 = \frac{3\sqrt{5}}{7}$. Für diese zweite Drehung bekommen wir folgende Richtungscosinus der Halbaxen:

$$\delta_1 = \tfrac{6}{7},\quad \varepsilon_1 = \tfrac{2}{7},\quad \vartheta_1 = \tfrac{3}{7},$$
$$\delta_2 = \tfrac{2}{7},\quad \varepsilon_2 = \tfrac{3}{7},\quad \vartheta_2 = -\tfrac{6}{7},$$
$$\delta_3 = -\tfrac{3}{7},\quad \varepsilon_3 = \tfrac{6}{7},\quad \vartheta_3 = \tfrac{2}{7}.$$

Diese zweite Drehung führt von selbst zur Zwillingsebene $(1\bar{2}3)$.

Aus diesen Bedingungen berechnen wir $\cos(1' : 3) = \frac{25}{31}$, $1' : 3 = 36^0 15'$, was mit dem gemessenen Winkel übereinstimmt. Die resultierende Drehung führt zur Zwillingsebene (24.22.5) und die hemitrope Zwillingsaxe steht auf dieser Ebene senkrecht.

49. a) An einer Pyritdruse von Stolberg (Harz), gebildet von Krystallen mit {100}, {703}, habe ich einen interessanten Zwilling (Fig. 69) bemerkt. Die verticalen Zonen sind beiden Würfeln gemeinsam, sodaß man folgende Kanten mit einer Justierung messen kann:

	Gemessen:	Berechnet:
$\nu = 2' : 2$	$= 46^0 37'$	$46^0 24'$
$4' : 2$	$= 43\ 15$	$43\ 36$
$4' : 2'$	$= 89\ 52$	90 —
$4' : O' = (0\bar{1}0) : 3\bar{7}0)$	$= 23\ 19$	$23\ 12$

Die Signale der Flächen 2, 2′, O' sind befriedigend, das Signal der Fläche 4′ ist mit der Divergenz $0^0 11'$ zweiteilig.

Daraus erkennen wir, daß die Drehungsaxe zur Ebene $1 \equiv z = 0$ senkrecht steht, $\nu = 46^0 24'$ ($\cos\nu = \frac{20}{29}$, $\sin\nu = \frac{21}{29}$) in der negativen

Richtung. Das führt zu der Zwillingsebene $(\bar{3}70)$, welche zu den begrenzenden Flächen der beiden Krystalle gehört.

Diese Zwillingsebene ist mit der Zwillingsebene $\{520\}$ der Fig. 25 und 26 complementär.

b) An den Přibramer Pyrithexaëdern in Fig. 70 sind die Ebenen **2** und **2'** parallel, sodaß der Reflex von ihnen gleichzeitig beginnt und endet. Danach ist die Drehungsaxe senkrecht auf der Ebene $2 \equiv x = 0$ und der Drehungswinkel $\nu = 3' : 3 = 46^0 1'$ in der negativen Richtung (gemessen mit dem Verticalilluminator). Theoretisch kann man $\nu = 46^0 24'$ $(\cos\nu = \frac{20}{29}$, $\sin\nu = \frac{21}{29})$ annehmen, was zu der Zwillingsebene (073) führt. Das stimmt mit dem vorangehenden Fall (Fig. 69) überein.

50. An den Přibramer Pyritwürfeln, welche in Fig. 71 abgebildet sind, ist die Fläche **2'** mit **2** parallel, da der Reflex von diesen beiden Flächen gleichzeitig beginnt und endet. Der Drehungswinkel $\nu_1 = 37^0 12'$ in der positiven Richtung (gemessen mit dem Verticalilluminator). Nehmen wir theoretisch $\nu_1 = 36^0 52'$ an $(\cos\nu_1 = \frac{4}{5}$, $\sin\nu_1 = \frac{3}{5})$, so bestimmen wir für den Krystall A' die Zwillingsebene (013).

Die Lage des Krystalles A'' bestimmen wir durch zwei Drehungen: erstens um die Normale auf der Ebene $2 \equiv x = 0$ in der negativen Richtung um den Winkel $\nu_2 = 41^0 8'$ (gemessen mit dem Verticalilluminator); theoretisch nehmen wir $\nu_2 = 41^0 7'$, $\cos\nu_2 = \frac{55}{73}$, $\sin\nu_2 = \frac{48}{73}$ an. Die zweite Drehung geschieht um die Normale auf der Ebene $3'' \equiv \eta = 0$ um den Winkel $\nu_2 = 2'' : 2 = 18^0 13'$ in der positiven Richtung (gemessen mit dem Reflexionsgoniometer, wobei das Signal der Fläche **2''** befriedigend, das der Fläche **2** mit der Divergenz $1^0 50'$ vervielfältigt ist). Theoretisch kann man $\nu_3 = 18^0 55'$, $\cos\nu_3 = \frac{35}{37}$, $\sin\nu_3 = \frac{12}{37}$ annehmen. Dadurch ist die Lage der Krystalle $A'' : A$ mit den hemitropen Zwillingsaxen $[083]_1 \times [601]_2$ bestimmt.

Wollen wir die Zwillingslage $A'' : A'$ erklären, so berechnen wir $\nu_4 = \nu_1 + \nu_2 = 77^0 59'$, $\cos\nu_4 = \frac{76}{365}$, $\sin\nu_4 = \frac{357}{365}$, womit die erste hemitrope Drehungsaxe $[0.21.\bar{1}\bar{7}]_1$ bestimmt ist. Für die zweite Drehung bleibt dieselbe Zwillingsebene $(601)_2$.

51. Am Přibramer Pyrit (Fig. 72) wurden die Krystallflächen $\{730\}$ bestimmt, untergeordnet sind die Flächen $\{100\}$.

	Gemessen:	Berechnet:
$(307) : (\bar{3}07)$	$= 46^0 12'$	$46^0 24'$;

das Signal der Fläche (307) ist mit der Divergenz $1^0 27'$, das der Fläche $(\bar{3}07)$ mit der Divergenz $1^0 47'$ vervielfältigt. Diese Flächen sind durch die oscillierende Combination mit $\{100\}$ gestreift.

Die Flächen $(\bar{3}07)$, (001), (307) und $a' \equiv \xi = 0$ liegen in derselben Zone, sodaß man ihre Kanten mit einer Justierung messen konnte. Die

Fläche $a \equiv x = 0$ ist von anderen Krystallen umwachsen. Mit dem Reflexionsgoniometer wurde der Zwillingswinkel zwischen den Flächen $z = 0$ und $\xi = 0$ zu $26^0 44'$ gemessen, sodaß der Drehungswinkel $\nu = a' : a = 90^0 - 26^0 44' = 63^0 16'$ ist; dabei ist das Signal der Fläche $z = 0$ mit der Divergenz $2^0 17'$ vervielfältigt, das der Fläche a' ist befriedigend. Theoretisch kann man annehmen, daß die Drehungsaxe Y senkrecht auf der Ebene (010) steht und der Drehungswinkel $\nu = 63^0 13'$ ($\cos \nu = \frac{105}{233}$, $\sin \nu = \frac{208}{233}$) in der positiven Richtung ist. Aus diesen Bedingungen bestimmt man die Zwillingsebene (13.0.8).

Neben den oben angegebenen Winkeln wurde noch der Zwillingswinkel $a' : \mathbf{1} = 3^0 38'$ gemessen, dessen Größe zu $3^0 35'$ berechnet wurde; dabei war das Signal der Fläche a' befriedigend, das der Fläche **1** mit der Divergenz $1^0 27'$ vervielfältigt.

Daß die größeren Kanten der Flächen (001) und $a' \equiv \xi = 0$ aufeinander senkrecht stehen, wurde auch mit dem Verticalilluminator bestimmt.

IV. Schluß.

Allgemein kann man über die beobachteten Pyritzwillinge sagen, daß die Zwillingsebenen mit einfachen Indices am häufigsten vorkommen, z. B. {011}, {012}, {013}, {014}, {015}, {016}, {017}, {018}, {043}, {032}, {052}, {073}, {111}, {211}, {122}, {123}, {241}, {234}, {345}, {814}. In einigen Fällen kommen auch vicinale Zwillingsebenen, z. B. {39.0.1}, {180.1.0} vor, wie man es mit bestimmten Signalen der Krystallfläche im Reflexionsgoniometer bei hypoparalleler Verwachsung messen konnte.

Wichtig ist die Erkenntnis, welche aus den beobachteten Pyritzwillingen resultiert, daß die oben angeführten Zwillingsebenen miteinander in verschiedener Weise combiniert werden können, womit oft eine Verwachsung von complicierten Verhältnissen entstehen kann. In diesen Fällen ist es übersichtlicher, die einzelnen Drehungen statt der resultierenden anzuführen. Solche Zwillinge kann man polysynthetisch[1]) benennen und die Wahrscheinlichkeit der angegebenen Erklärung ahnte schon Knop[2]), als er sagte: »Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß auch manche Gruppen von Schwefelkies analoge Bildungen (Viellinge) nach den trigonalen Zwischenaxen sind. Verfolgt man aber diesen Gedanken weiter, so gelangt man zu der Erkenntnis der Möglichkeit, daß die Zwillingsbildung, da ja jedes mit dem ersten Individuum verwachsene zweite wiederum ebensoviel gleichwertige Zwillingsaxen besitzt usf., sich bis ins Unendliche wiederholen

1) Vergl. F. Loewinson-Lessing, Zur Frage der Krystallzwillinge. Nachr. (Inwjestia) d. Polytechn. Inst. St. Petersburg 1908, **9**, 511—524. Ref. Neues Jahrb. f. Min. 1909, **2**, 6.

2) Knop, Molekularkonstitution und Wachstum der Krystalle 1867, 95.

kann und z. B. für die regulären Krystalle des Schwefelkieses zur Bildung krystallinisch constituierter vollkommener Kugelform Veranlassung geben kann. Die einfache Zwillingsbildung würde von diesem Gesichtspunkte aus als der niedrigste Grad des Zwillingswachstums zu deuten sein.«

Die Unvollkommenheit dieser Erklärung von Knop besteht darin, daß man hier nur von der Oktaëderfläche als Zwillingsfläche spricht. Es ist doch bekannt, daß diese Pyritzwillinge sehr selten vorkommen. Dagegen erkennen wir in der vorliegenden Arbeit, welche Drehungen für die Verwachsung der Pyritkrystalle charakteristisch sind. Wie bei den Krystallflächen große Verschiedenheit und Reichtum der Formen herrscht, so ist es auch natürlich, daß die gesetzliche Verwachsung der Pyritkrystalle nach verschiedenen Zwillingsebenen vor sich geht.

Die Differenz zwischen dem theoretischen und gemessenen Zwillingswinkel bei den polysynthetischen Zwillingen erklärt A. Johnsen[1]) auch bei vorzüglichen Signalen aus der gegenseitigen Wirkung der benachbarten Individuen, sodaß ihre Lage dadurch geändert wird.

Übersicht der beschriebenen Pyritzwillinge.

Die Drehungs-axe	Der Drehungs-winkel ν	Cos ν	Sin ν	Die hemitrope Zwillings-axe	Abgebildet in Figur	Die Zahl der beobachteten Fälle
[100]	90° 0′	0	1	[011]	3, 69	Sehr viel
[100]	77 59	$\frac{76}{365}$	$\frac{357}{365}$	[0.21.17]	71	1
[100]	77 19	$\frac{9}{41}$	$\frac{40}{41}$	[054]	50	1
[100]	73 44	$\frac{7}{25}$	$\frac{24}{25}$	[043]	19, 54	2
[100]	67 23	$\frac{5}{13}$	$\frac{12}{13}$	[032]	13?, 24	1? + 1
[100]	63 13	$\frac{105}{233}$	$\frac{208}{233}$	[0.13.8]	72	1
[100]	61 56	$\frac{8}{17}$	$\frac{15}{17}$	[053]	11	1
[100]	59 29	$\frac{33}{65}$	$\frac{56}{65}$	[074]	51	1
[100]	58 6,5	$\frac{28}{53}$	$\frac{45}{53}$	[095]	28	1
[100]	53 8	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	[021]	4, 35, 36?, 37?, 41, 47, 55?	4 + 5?
[100]	46 24	$\frac{20}{29}$	$\frac{21}{29}$	[073]	69, 70	2
[100]	43 36	$\frac{21}{29}$	$\frac{20}{29}$	[052]	25, 26, **42**, 48, 55?	5 + 1?
[100]	42 4,5	$\frac{72}{97}$	$\frac{65}{97}$	[0.13.5]	48	1
[100]	41 7	$\frac{55}{73}$	$\frac{48}{73}$	[083]	27, 71	2
[100]	36 52	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{5}$	[031]	5, 6, 14, 24, **34**, 35, 36?, 37?, 40, 46, 55?, 71, Z. 127	10 + 6?
[100]	33 24	$\frac{91}{109}$	$\frac{60}{109}$	[0.10.3]	31, 47, 53	3
[100]	31 53,5	$\frac{45}{53}$	$\frac{28}{53}$	[072)	29, 30, 49	3

1) Johnsen, Untersuchungen über Krystallzwillinge. Neues Jahrb. f. Min. 1907, Beilagebd. **23**, 329. Ausz. diese Zeitschr. **47**, 649.

Die Drehungsaxe	Der Drehungswinkel ν	Cos ν	Sin ν	Die hemitrope Zwillingsaxe	Abgebildet in Figur	Die Zahl der beobachteten Fälle
[100]	30° 31′	$\frac{56}{65}$	$\frac{33}{65}$	[0.11.3)	52	1
[100]	28 4	$\frac{15}{17}$	$\frac{8}{17}$	[041]	7, 8, 9?, 10, **38**? **39**?, 40, 44, 45	6 + 7?
[100]	25 59	$\frac{80}{89}$	$\frac{39}{89}$	[0.13.3]	43, 45	2
[100]	25 3,5	$\frac{77}{85}$	$\frac{36}{85}$	[092]	32	1
[100]	22 37	$\frac{12}{13}$	$\frac{5}{13}$	[051]	12, 14, 41, 51, 52	5 + 1?
[100]	20 37	$\frac{117}{125}$	$\frac{44}{125}$	[0.11.2]	49	1
[100]	18 55	$\frac{35}{37}$	$\frac{12}{37}$	[061]	15, 16, 50, 71	4
[100]	17 30	$\frac{165}{173}$	$\frac{52}{173}$	[0.13.2]	33	1
[100]	16 16	$\frac{24}{25}$	$\frac{7}{25}$	[071]	17, 18?, 43, 44, 53, 55?	4 + 2?
[100]	14 15	$\frac{63}{65}$	$\frac{16}{65}$	[081]	14, 20, 21, 24, 45, 46, 54	7
[100]	10 23,5	$\frac{60}{61}$	$\frac{11}{61}$	[0.11.1]	45	1
[100]	8 11	$\frac{195}{197}$	$\frac{28}{197}$	[0.14.1]	22	1
[100]	2 56	$\frac{760}{761}$	$\frac{39}{761}$	[0.39.1]	49	1
[100]	0 38	$\frac{32399}{32401}$	$\frac{360}{32401}$	[0.180.1]	23	1
[111]	60 0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	[111]	56, 57	3
[111]	21 47,5	$\frac{13}{14}$	$\frac{3}{14}\sqrt{3}$	[145]	58	1
[201]	167 15	$-\frac{79}{81}$	$\frac{8}{81}\sqrt{5}$	[814]	64?	1?
[201]	131 49	$-\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}\sqrt{5}$	[121]	59, 60, auch in dies. Zeitschr. **18**, IV, 6	3
[201]	112 17	$-\frac{11}{29}$	$\frac{12}{29}\sqrt{5}$	[234]	63?	1?
[201]	96 22,5	$-\frac{1}{9}$	$\frac{4}{9}\sqrt{5}$	[122]	D. Zeitschr. **18**, IV, 2	1?
[201]	79 58	$\frac{19}{109}$	$\frac{48}{109}\sqrt{5}$	[368]	D. Zeitschr. **18**, IV, 7	1?
[201]	73 24	$\frac{2}{7}$	$\frac{3}{7}\sqrt{5}$	[123]	68?	1?
[201]	58 24,5 oder	$\frac{11}{21}$	$\frac{8}{21}\sqrt{5}$	[241]	61, 62, auch in dies. Zeitschr. **18**, IV, 5	3 + 2?
	154 48	$-\frac{19}{21}$	$\frac{4}{21}\sqrt{5}$	[241]		
[201]	27 54	$\frac{38}{43}$	$\frac{9}{43}\sqrt{5}$	[291]	65?	1?
[201]	19 31	$\frac{82}{87}$	$\frac{13}{87}\sqrt{5}$	[2.13.1]	66?	1?
[201]	10 14	$\frac{62}{63}$	$\frac{5}{63}\sqrt{5}$	[2.25.1]	67?	1?
[124]	30 10	$\frac{134}{155}$	$\frac{17}{155}\sqrt{21}$	—	68?	1?
[124]	155 23	$-\frac{10}{11}$	$\frac{1}{11}\sqrt{21}$	[233]	D. Zeitschr. **18**, IV, 6	1
[331]	51 41	$\frac{31}{50}$	$\frac{9}{50}\sqrt{19}$	[345]	34, 35, 36?, 37?, auch in dieser Zeitschr. **35**, XIII, 2	2 + 4?
[441]	39 30	$\frac{223}{289}$	$\frac{32}{289}\sqrt{33}$	[8.15.17]	38? zweimal, 39?	3?
[011]	20 3	$\frac{31}{33}$	$\frac{8}{33}\sqrt{2}$	[144]	D. Zeitschr. **18**, IV, 6	1
Durch zwei Drehungen				[24.22.5]	68?	1?

XXVIII. Ein Skeletkrystall vom Příbramer Pyrit.

Von

Gotthard Smolař in Jičín (Böhmen).

(Mit 1 Textfigur.)

An dem in Fig. 1 senkrecht auf (100) projizierten Würfel des Příbramer Pyrits sind die Kanten einseitig durch die Flächen **a**(3$\bar{1}$0) und **g**(5$\bar{2}$0) zugestumpft. Die Würfelflächen sind parallel zu den dazugehörigen Kanten gestreift. Betrachten wir die Fläche (100) mit der Lupe im Reflexionsgoniometer, so sehen wir, daß dieselbe blau (m) angelaufen ist, aber die Ecken links oben und unten sind gelb (z in der Figur). Die Grenzen zwischen dem blauen und gelben Felde sind scharf und laufen in mäßigen Bögen fast parallel zu den Kanten der Vertiefung *PR* und *PQ*.

Fig. 1.

Die Streifung der Fläche (100) ist in den Grenzen zwischen dem blauen und gelben Felde unterbrochen, sodaß das Signal des Websky'schen Spaltes von der Fläche (100) in zwei Gruppen vervielfacht ist, von denen die erste blau und die zweite gelb ist. Dadurch ist die Orientierung leicht möglich, um zu erkennen, von welchen Stellen die betreffenden Signale herrühren. Zum besseren Verständnis führe ich hier die Ablesungen am Nonius des Reflexionsgoniometers bei einer Justierung des Krystalles an (s. S. 502).

Danach können wir **a**(3$\bar{1}$0) und **g**(5$\bar{2}$0) annehmen. Die anderen Würfelflächen des Krystalles konnte man nicht untersuchen, da dieselben von anderen Krystallen umwachsen sind. Die Flächen **a**, **g** sind an der rechten Seite des Krystalles zu schmal, sodaß sie keine Signale geben. Berechnen wir die arithmetischen Mittel der blauen (m) und gelben (z) Signale von der Fläche (100), so bekommen wir die Divergenz m : z = $1^{0}58'$. Diese Verhältnisse können wir auf folgende Weise erklären: Die Fläche (100)

ist durch die Vicinalflächen **m** (60.1.0) und **z** (60.$\bar{1}$.0) symmetrisch ersetzt, denn der theoretische Winkel ist **m** : **z** 1° 54′, cos (**m** : **z**) $= \frac{3599}{3601}$. Neben den Flächen (60.1.0) und (60.$\bar{1}$.0) sind noch benachbarte Vicinalflächen in der Streifung der Fläche (100) enthalten.

		Gemessen:		Berechnet:
(100)	m 77° 13′, 76 11; z 75 7, 74 21	. . . 75° 42′ [1])		
a	(mit einem minder präcisen Signale)	57 38	(100) : a = 18° 4′	18° 26′
g	(mit einem minder präcisen Signale)	54 2	(100) : g = 21 41	21 48
			a : g = 3 36	3 22

Auf der Fläche (100) bemerken wir eine dreieckige Vertiefung PQR, deren rechte Kante QR mit der benachbarten Würfelkante parallel ist, denn die Vertiefung ist hier von den Flächen **a**, **g** begrenzt. Die Signale dieser Flächen fließen mit den Signalen der zustumpfenden gleichbenannten Flächen auf der linken Würfelseite zusammen, sodaß die Zeichen dieser in der Vertiefung liegenden Flächen **a** (3$\bar{1}$0) und **g** (5$\bar{2}$0) sind.

Die Seiten PQ, PR der Vertiefung sind in einen mäßigen Bogen gekrümmt und mit der Grenze zwischen den blauen und gelben Stellen (100) parallel. Die Flächenwinkel sind:

$$\varphi = 36^\circ 50' \text{ bis } 41^\circ 31'$$
$$\psi = 31 \quad 3 \quad » \quad 33 \; 50 \;,$$

gemessen mit dem Verticalilluminator am Reflexionsgoniometer. Die die Vertiefung begrenzenden Flächen **u**, **v** sind zu ihren Kanten PQ, PR parallel gestreift, sodaß ihre Signale vervielfacht sind; es war aber doch möglich, durch dieselben wenigstens die Grenzen der Winkel zu bestimmen, welche diese Flächen mit (100) einschließen. Danach ist

$$(100) : \mathbf{u} = 20^\circ 48' \text{ bis } 24^\circ 39'.$$

Das Signal der Fläche **v** ist zwar hinreichend hell, hat aber auf beiden Seiten noch eine Reihe von Interferenzbildern; in Hinsicht auf die vervielfältigten Signale (100) bestimmen wir annäherungsweise den Winkel (100) : **v** = 33°.

Um die Indices der Fläche **u** zu bestimmen, drehen wir das rechtwinklige Axensystem Y, X, Z zuerst um die Normale zu (100) um den

1) Das arithmetische Mittel zwischen dem ersten und letzten Winkel.

Winkel φ in der positiven Richtung, sodaß die Richtungscosinus[1]) der einmal gedrehten Halbaxen sind

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1, & \beta_1 &= 0, & \gamma_1 &= 0, \\ \alpha_2 &= 0, & \beta_2 &= \cos\varphi, & \gamma_2 &= -\sin\varphi, \\ \alpha_3 &= 0, & \beta_3 &= \sin\varphi, & \gamma_3 &= \cos\varphi. \end{aligned}$$

Dadurch geht die Axe Y in die Lage H, welche mit der Kante PQ parallel ist. Drehen wir jetzt zum zweiten Male die Fläche (100) um die Axe, welche zur Ebene $\eta = 0$ bzw. $y\cos\varphi - z\sin\varphi = 0$[2]) senkrecht ist, um den Winkel $\nu_2 = (100):\mathrm{u}$ in der positiven Richtung, so führen wir dieselbe in die Lage der Fläche u ein. Danach sind die Richtungscosinus für die zweite Drehung:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \cos\nu_2, & \varepsilon_1 &= 0, & \vartheta_1 &= \sin\nu_2, \\ \delta_2 &= 0, & \varepsilon_2 &= 1, & \vartheta_2 &= 0 \\ \delta_3 &= -\sin\nu_2, & \varepsilon_3 &= 0, & \vartheta_3 &= \cos\nu_2. \end{aligned}$$

Für die resultierende Drehung berechnen wir nach l. c. S. 470 die Richtungscosinus der zweimal gedrehten Halbaxen:

$$\begin{aligned} \varkappa_1 &= \cos\nu_2, & \mu_1 &= \sin\varphi\sin\nu_2, & \tau_1 &= \cos\varphi\sin\nu_2, \\ \varkappa_2 &= 0, & \mu_2 &= \cos\varphi, & \tau_2 &= -\sin\varphi, \\ \varkappa_3 &= -\sin\nu_2, & \mu_3 &= \sin\varphi\cos\nu_2, & \tau_3 &= \cos\varphi\cos\nu_2. \end{aligned}$$

Transformieren wir mit diesen Richtungscosinussen die Gleichung der gedrehten Ebene $(100) \equiv \xi = 0$, so erhalten wir

$$\mathrm{u} \equiv x\cos\nu_2 + y\sin\varphi\sin\nu_2 + z\cos\varphi\sin\nu_2 = 0, \tag{1}$$

was die gesuchte normale Gleichung der Fläche u ist. Dieselbe ist nun auf die allgemeine rationale Form

$$\mathrm{u} \equiv Ax + By + Cz = 0 \tag{2}$$

überzuführen. Durch die Vergleichung der Gleichungen (1) und (2) erkennen wir, daß

$$\frac{B}{C} = \mathrm{tg}\,\varphi, \tag{3}$$

$$\cos\nu_2 = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \tag{4}$$

ist, wo $\cos\nu_2$ durch die Messung des Krystalles und B, C durch die Zerlegung $\mathrm{tg}\,\varphi$ nach (3) in einen rationalen Bruch gegeben ist. Lösen wir die Gleichung (4) für die unbekannte Größe A, so bekommen wir

$$A = \mathrm{cotg}\,\nu_2\sqrt{B^2 + C^2}. \tag{5}$$

Nehmen wir in die Rechnung $\varphi_1 = 36^0 52'$ und $\nu_2 = \mathrm{u}:(100) = 20^0 48'$ bis $24^0 39'$, so berechnen wir nach (3) und (5)

1) Diese Zeitschr. 1890, **18**, 468.

2) Transformiert nach den oben angeführten Richtungscosinussen.

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{B_1}{C_1} = \tfrac{3}{4}, \quad A = 13{,}162 \text{ bis } 10{,}896.$$

Daraus folgt, daß in der gestreiften Fläche u die Ebenen (13.3.4), (12.3.4), (11.3.4) vertreten sind. Die in der Mitte stehende Ebene (12.3.4) schließt mit (100) den theoretischen Winkel $\nu_2 = 22^0 37'$, $\cos \nu_2 = \frac{12}{13}$; (der gemessene Winkel ist $\nu_2 = 22^0 43'$).

Aus dem zweiten theoretischen Grenzwerte für den Winkel $\varphi_2 = 41^0 7'$ (statt des gemessenen Winkels $41^0 31'$) und aus den gemessenen Winkeln $\nu_2 = 20^0 48'$ bis $24^0 39'$ folgt

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{B_2}{C_2} = \tfrac{7}{8}, \quad A_2 = 27{,}984 \text{ bis } 23{,}16,$$

sodaß die Zeichen der in der Fläche u enthaltenen Ebenen in den Grenzen (28.7.8) bis (23.7.8) liegen. Die Ebenen, welche die Streifung der Fläche u verursachen, oscillieren in der Nachbarschaft der Ebenen (12.3.4) und (24.7.8), bei denen $A = 3\,C$ ist.

Für die Fläche v gelten dieselben Gleichungen (3) und (5) nur mit dem Unterschiede, daß $\operatorname{tg}\psi$ und auch C negativ sind. Wählen wir den theoretischen Winkel $\psi_1 = -33^0 41'$, $\operatorname{tg}\psi_1 = -\frac{2}{3}$, $\nu_2 = \mathbf{v} : (100) = 33^0 41' = -\psi_1$, so bestimmen wir für die Ebene v das Zeichen $(62\bar{3})$.

Durch die Größen $\psi_2 = 31^0 3'$, $\nu_2 = \mathbf{v} : (100) = 32^0 56'$ ist die Gleichung $v \equiv 9x + 3y - 5z = 0$ bestimmt.

Danach sind die Flächen $(62\bar{3})$ und $(93\bar{5})$ mit den benachbarten Vicinalflächen in der gestreiften Fläche v vertreten.

Bloß mit der Lupe am Reflexionsgoniometer konnte man folgende Winkel kontrollieren, wobei nach Wegnahme der Lupe die vervielfältigten Signale im Gesichtsfelde waren:

	Berechnet:		Gemessen:
u : v =	$(12.3.4):(62\bar{3}) = 43^0 40'$,	$\cos(\mathbf{u}:\mathbf{v}) = \frac{66}{91}$,	$42^0 12' - 45^0 5'$
u : a =	$(12.3.4):(3\bar{1}0) = 36\ 36$,	$\cos(\mathbf{u}:\mathbf{a}) = \frac{33}{13\sqrt{10}}$,	37 0
u : g =	$(12.3.4):(5\bar{2}0) = 39\ 31$,	$\cos(\mathbf{u}:\mathbf{g}) = \frac{54}{13\sqrt{29}}$,	39 0 — 40
v : a =	$(62\bar{3}):(3\bar{1}0) = 43\ 43$,	$\cos(\mathbf{v}:\mathbf{a}) = \frac{16}{7\sqrt{10}}$,	44 0
v : g =	$(62\bar{3}):(5\bar{2}0) = 46\ 24$,	$\cos(\mathbf{v}:\mathbf{g}) = \frac{26}{7\sqrt{29}}$,	47 0

Die angedeutete Vertiefung an der Würfelfläche entstand offenbar durch Skeletwachstum des Krystalles, sodaß die Vertiefung ursprünglich größer war und in gewisser Zeit bis zu den Grenzlinien in den Ecken zwischen dem blauen und gelben Felde reichte. Diese Grenzen der Vertiefung rückten

allmählich durch das Wachstum des Krystalles und durch die partielle Ausfüllung der Vertiefung parallel bis zu den Kanten *PR*, *PQ*, mit denen sie parallel sind. Danach sind u, v, a, g Structurflächen des gezeichneten Krystalles.

Die Orientierung der Vertiefung beweist, daß der Pyrit unsymmetrisch ist. Das ist ein neuer Beleg für die Richtigkeit der Erklärung V. Pöschl's[1]), daß der Pyrit in die tetraëdrisch-pentagondodekaëdrische Klasse gehört.

---

1) Diese Zeitschr. 1911, **48**, 589.

XXIX. Neues Theodolitgoniometer.

Von

C. Leiß.

(Mit 1 Textfigur.)

(Mitteilung aus der R. Fueß'schen Werkstätte in Berlin-Steglitz.)

Herr V. M. Goldschmidt (Christiania) hat in dieser Zeitschr. 1912, **51**, 28—39, ein mehrkreisiges Goniometer und seine Anwendung beschrieben, dessen Einrichtung sich nach den mir von verschiedener Seite zugegangenen Mitteilungen recht gut bewährt hat. Dieses mehrkreisige Theodolitgoniometer setzt sich aus einem gewöhnlichen Fueß'schen Reflexionsgoniometer Modell II bzw. IIa und einem besonderen, nach speciellen Vorschlägen von Herrn V. M. Goldschmidt construierten unter der Bezeichnung »Theodolit-Aufsatz« eingeführten Vorrichtung zusammen. Die letztgenannte Vorrichtung bildet also ein Attribut des gewöhnlichen Reflexionsgoniometers und wird an Stelle der Centrier- und Justiervorrichtung auf die in der Verticalen verstellbare cylindrische Axe des Goniometers geklemmt. Mit Rücksicht auf die ganze Dimensionierung der vorhandenen gewöhnlichen Goniometer mußte der Theodolit-Aufsatz in entsprechenden Maßen ausgeführt werden. Man wird deshalb auch an diese Vorrichtung nicht die allerhöchsten Anforderungen in bezug auf Stabilität und Präcision stellen dürfen. Dem Vorschlage von Herrn Prof. Dr. P. v. Groth folgend, ist inzwischen die Firma R. Fueß der Construction eines selbständigen für exactere und feinere Messungen bestimmten Theodolitgoniometers nähergetreten, welches sich in seiner Gesamtanordnung dem V. M. Goldschmidt'schen Theodolitgoniometer anschließt.

Beschreibung. Auf dem Kernstück eines ringförmigen Dreifußes erhebt sich eine mit letzterem fest verbundene kräftige nach oben sich verjüngende konische Axe, um welche zunächst der mit Verstrebung und mit dem Gegengewicht g versehene Trägerarm A des Beobachtungsfernrohres F drehbar gelagert ist. Mit dem Fernrohrträger fest verbunden ist auch das Ablesemikroskop M. Dieses ist der Bequemlichkeit halber so angeordnet, daß sein Ocular unmittelbar unter dem Ocular des Beobachtungsfernrohres

liegt. Nach erfolgter Einstellung eines Reflexbildes im Beobachtungsfernrohr hat man also nur das Auge um einige Centimeter nach abwärts zu bewegen, um die Ablesung am Horizontalkreis zu machen.

Ein zweiter auf dem oberen Ende der festen konischen Axe drehbar gelagerter Trägerarm B mit Gegengewicht g_1 trägt den Ständer E für das verticale Kreissystem, welches um den festgelagerten horizontalen Teilkreis H mit Hilfe des Griffes h gedreht werden kann. Zur Klemmung des Trägerarmes B um die verticale Axe und zur Feinstellung für die Kreisablesung dienen die beiden Schrauben h_1 und h_2. Die Drehung des Verticalkreises V erfolgt mit der geränderten Scheibe v; zur Klemmung und Feinstellung der horizontalen Axe bzw. des verticalen Kreises dienen die Schrauben v_1 und v_2. Mit dem am linken Ende der Axe befindlichen Knopfe wird durch eine stark steigende Schraube, in genau gleicher Art wie bei den gewöhnlichen Fueß'schen Goniometern, die horizontale Verschiebung der inneren cylindrischen Axe bewirkt. An dem inneren Ende dieser Axe ist die aus zwei Bogenschlitten bestehende Justiervorrichtung J befestigt.

Die Bewegung der beiden Bogenschlitten, von denen der innere die Vorrichtung zum Einklemmen des Krystalltischchens trägt, erfolgt durch Zahn- und Triebbewegung mit den beiden Knöpfen i_1 und i_2. Damit man

die Lage der beiden Bogenschlitten, soweit dies erforderlich, gut symmetrisch zur Axe des verticalen Teilkreises *V* justieren kann, sind die Bogenschlitten auf einer durch drei Schrauben justierbaren Platte *i* befestigt. *s* ist ein Schlüssel zum Festklemmen der cylindrischen Axe der Bogenschlitten *J*.

Der mit silbernem Limbus versehene und gegen äußere Beschädigung geschützt liegende Horizontalkreis hat einen Durchmesser von 18 cm und ist in $\frac{1}{6}^0$ geteilt. Ein in der Bildebene des Ablesemikroskopes *M* befindliches Mikrometer mit 20 Teilstrichen umfaßt ein Intervall der Kreisteilung und gestattet die directe Ablesung von 30″; 15″ sind aber noch bequem schätzbar.

Der Verticalkreis hat einen Durchmesser von 13,5 cm, ist in $\frac{1}{4}^0$ geteilt und zwei unter einem Winkel von 90⁰ zueinander liegende Nonien, auf welche Ableselupen visieren, geben ebenfalls 30″ an.

Die beiden Bogenschlitten der Justiervorrichtung *J* haben einen Radius von ca. 38 mm bzw. 25 mm mit einem Bewegungsbereich von ca. 120⁰, sind in $\frac{1}{1}^0$ geteilt und je ein Nonius gibt 5′ an. Eine größere Ablesungsgenauigkeit ist bei diesen beiden Bogenschlitten nicht erforderlich, da sie nicht zum Messen, sondern nur zum Justieren des Krystalles dienen.

Das Beobachtungsfernrohr, vor dessen Objectiv sich die bekannte Vorschlaglupe zur Beobachtung und zur Berichtigung des Krystalles befindet, ist mit dem bekannten zweifach vergrößernden Huygens'schen Ocular *a* versehen; wenn es erwünscht, können aber jederzeit auch die übrigen stärkeren Ramsden-Oculare *b* und *c* und das bildverkleinernde Ocular *d* beigefügt werden. Das Fadenkreuz kann nach Herausziehen des ganzen Oculares *a* mit zwei kleinen, den Oculartubus durchdringenden Schrauben unter Benutzung eines kleinen Schraubenziehers justiert werden.

Der Collimator wird von einer mit dem Ringdreifuß fest verbundenen Säule getragen. Als Lichtsignal dient das sogenannte Punktsignal, welches aber auch nach dem Vorschlage von Herrn Prof P. v. Groth durch ein sogenanntes Irisblendensignal ersetzt werden kann. Für die genauere Einstellung der Reflexbilder gut spiegelnder Flächen ist dieses Irisblendensignal noch mit einem Fadenkreuz versehen, welches sich — so genau wie das eben technisch ausführbar — in der Ebene der Irisblende befindet.

Zur Beleuchtung des Signales eignet sich bei diesem Instrument recht gut die vom Verf. in dieser Zeitschr. 1908, **45**, 495, beschriebene elektrische Goniometerlampe, weil diese gleichzeitig sehr vorteilhaft auch zur Beleuchtung der Ablesenonien am Verticalkreis und des Ablesemikroskopes am Horizontalkreis dienen kann. Wenn man aber zur Beleuchtung des Signales irgend eine beliebige gewöhnliche Lampe benutzen will, ist es empfehlenswert, sich zur Beleuchtung der Nonien und des Ablesemikro-

skopes einer der gebräuchlichen elektrischen Hand- oder Taschenlampen zu bedienen.

Justierung und Prüfung des Instrumentes. Diese Operationen zerfallen in folgende Funktionen:

1. Justierung des Beobachtungsfernrohres *F*: Scharfeinstellung des Oculares auf das Fadenkreuz; Einstellung des ganzen Oculartubus mit dem Fadenkreuz (nach Lösen des mit Zahn versehenen Klemmringes) auf Unendlich mit Hilfe des Gauß'schen Oculares oder mit einem vor dem Ocular unter 45⁰ angebrachten unbelegten Spiegelglas und einer am Krystallträger befestigten planparallelen Glasplatte. Einstellung der optischen Axe oder der Sehlinie senkrecht zur Drehungsaxe des horizontalen Teilkreises und Einstellung des Fadenkreuzes in diejenige Lage, in welcher die Arme des Fadenkreuzes parallel bzw. senkrecht zur Verticalaxe des Instrumentes stehen (beides mittelst des Gauß'schen Oculares und einer planparallelen Glasplatte auszuführen); Fixierung des Oculartubus durch den mit einem Zahn versehenen Klemmring[1]).

2. Justierung des Collimators bzw. dessen Signales und Fixierung der das Punktsignal tragenden Hülse durch einen Klemmring mit Zahn. Man bringt Fernrohr und Collimator in Opposition und visiert durch das zuvor genau auf Unendlich accommodierte Fernrohr gegen das Signal, welches dann genau im Brennpunkt seines Objectives steht, wenn man es absolut scharf und ohne Parallaxe im Fernrohr erblickt.

3. Prüfung der Parallelität der Horizontalaxe zur optischen Axe oder Sehlinie des bereits justierten Beobachtungsfernrohres. Hierzu wird auf dem an der horizontalen Axe befestigten Krystallträger eine planparallele — wenn möglich versilberte — Glasplatte befestigt und diese durch Drehen des Trägerarmes *B* und durch Bewegen der beiden Bogenschlitten *J* zunächst möglichst normal zur Fernrohraxe gestellt. Mit Hilfe des Gauß'schen Spiegels sucht man nun das gespiegelte Bild des schon justierten Fadenkreuzes. Die horizontale Axe von *V* steht parallel zur Sehlinie des Fernrohres und damit auch senkrecht zur Verticalaxe, wenn während einer vollen Umdrehung des Kreises *V* um die Horizontalaxe der Kreuzungspunkt des gespiegelten Bildes mit dem des wirklichen Fadenkreuzes coincidiert. Natürlich muß zuvor die Glasplatte selbst normal zur Horizontalaxe gestellt sein, was man leicht daran erkennt, daß bei wirklicher Normalstellung das gespiegelte Bild seinen Ort im Sehfeld während der Drehung der Glasplatte um die horizontale Axe nicht verändert.

---

1) Die vorgenannten Justiermethoden, die in der Schrift des Verfs. »Die optischen Instrumente« auf S. 10 und 125 ausführlich erläutert sind, dürfen als bekannt vorausgesetzt werden.

Fallen nach der auf diese Weise ausgeführten Prüfung beide Kreuzungspunkte nicht zusammen, so ist, wenn der Fehler nicht vernachlässigt werden kann, ein Neigen des die Horizontalaxe tragenden auf dem Arm B aufgeschraubten Ständers E erforderlich.

Eine Justiereinrichtung ist für den Ständer E deshalb nicht vorgesehen, weil die Anbringung eines solchen nur auf Kosten der ganzen Stabilität des von E getragenen Complexes geschehen würde. Für gewöhnlich dürfte auch kaum eine Änderung an E vorzunehmen sein, da die Justierung der Horizontalaxe vor der Versendung des Instrumentes sorgfältig ausgeführt und eine Veränderung in der Stellung von E unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht zu erwarten ist. Falls dennoch durch Transportschäden oder sonstige unglückliche Zufälle eine Nachjustierung an E sich als nötig erweisen sollte, so löst man die den Ständer E haltenden Schrauben und legt an der betreffenden Stelle einen schmalen Streifen Staniolpapiers von entsprechender Dicke unter die Auflagefläche von E.

XXX. Kürzere Originalmitteilungen und Notizen.

1. A. L. W. E. van der Veen (in Leiden): **Zur Färbung des Schwefels.**

Ein Satz in Hintze's »Handbuch der Mineralogie« veranlaßte mich vor zwei Jahren, eine Untersuchung nach den Ursachen der Färbung dieses Elementes, so wie es in der Natur auftritt, anzustellen. Natürlich muß die Färbung des bituminösen Radobyschwefels oder des selenhaltigen Volcanoschwefels von den Beimischungen herrühren. Aber die rötliche Färbung mancher Schwefelkrystalle aus Ancona (Leidener Expositionssammlung Nr. 105: bis 3 cm große Krystalle der Combination $p\{111\}$, $s\{113\}$, $n\{011\}$, $c\{001\}$) und die grünlichschwarze Farbe vom javanischen Schwefel (Nr. 113 und 121: strangförmiger Schwefel aus dem Talaga Bodas) finden eine logische Erklärung in folgendem Experiment.

Wird reingelber grobkrystallinischer Schwefel durch Erhitzen in flüssigen Zustand versetzt, so bekommt er bekanntlich eine bräunliche Farbe, die in der zweiten dünnflüssigen Phase ihre tiefste, grünlichschwarze Tönung erreicht. Wird diese Flüssigkeit nicht äußerst leise der Abkühlung übergeben, so erstarrt sie mit rötlicher, grünlicher oder sogar schwarzer Farbe.

Dieser Versuch wurde, wie gesagt, vor zwei Jahren angestellt und das Produkt hat diese Farbe ungeändert beibehalten.

Die abweichenden Kolorite der Schwefelkrusten und mancher Schwefelkrystalle finden so eine befriedigende Erklärung.

Haag (Holland), Februar 1913.

2. Derselbe, Das Wachstum des Silbers. Mit 4 Textfiguren.

Zufälligerweise traf ich in der Sammlung des Leidener Museums ein schönes Aggregat krystallierten Silbers, dessen Habitus für Kongsberg spricht. In dem Aggregat sind verschiedenerlei Wachstumsformen vereinigt, als Krystallfläche tritt jedoch nur das Oktaëder auf, und zwar in ideeller Ausbildung mit scharfen Kanten. Eigenartig sind hier die Zwillinge nach dem Oktaëder, zu denen die Mehrzahl der Krystalle gehören. Sie zeigen uns folgenden Habitus:

1. Normale Spinellzwillinge.
2. Spinellzwillinge, wie vorige in dreieckiger Gestalt, aber etwas abgeflacht, parallel zur Zwillingsebene.
3. Sich nach diesem Gesetz umfassende Krystalle.
4. Platten in sechseckiger Gestalt, welche auf den Randflächen eine undeutliche Zwillingsriefelung und auf der oberen und unteren Seite ein dreieckiges Wachstum kundgeben. Ein Schnitt parallel zur größeren Fläche

muß etwa die Structur der Fig. 1 zeigen. Wir müssen hier mit einer innigen Verwachsung zweier Individuen in Zwillingsstellung zu tun haben, welche sich in der sechsseitigen Umgrenzung der Blätter ausspricht.

Fig. 1.

Fig. 2.

5. Sind die Subindividuen teilweise in Reihen parallel zu den Oktaëderkanten geordnet, so entstehen Zwillingslamellen (Fig. 2). Wie man sieht, wird die Anlagerung neuer Subindividuen längs diesen Lamellen erschwert, und es können leicht dreieckige Vertiefungen zu beiden Seiten freibleiben. Die Lamellen sind zu unregelmäßig, derartige Grübchen wahrzunehmen. Diese sind beim Diamant[1]) eine bekannte Erscheinung. Die punktierten Felder der Fig. 2 müssen dieselbe Structur wie die ganze Fig. 1 besitzen, sonst würde die sechsseitige Umgrenzung des Bleches bald verschwinden und einer dreiseitigen platzmachen (einfaches Oktaëder mit spärlichen Lamellen).

Fig. 3.

Fig. 4.

6. Fünflinge nach $\{111\}$, in denkbar schönster Ausbildung (Fig. 3 und 4), mit ihren fünfflächigen Spitzen aus dem Aggregat hervortretend. Die Oktaëderflächen längs den Einkerbungen sind parallel zu den Oktaëderkanten der Spitze gerippt. Hierdurch verrät sich das Anlagern neuer Schichten an der vorwärtsstrebenden Krystallspitze.

Haag (Holland), März 1913.

1) Meine Abhandlung, diese Zeitschr. **51**, 570, All. 2.

XXXI. Auszüge.

---

1. K. Jimbō (in Tōkyō): **Über einige in Japan aufgefundene Zeolithe** (Beitr. z. Mineralogie von Japan 1907, **3**, 115—120).

1) Analcim, Apophyllit, Natrolith, mit Calcit, in den Hohlräumen eines Basalt-Agglomerates zu Maze, Prov. Echigo.

Analcim. Weiße Krystalle bis 2 mm Durchmesser, {211}, zuweilen mit untergeordnetem {100}. Stets mit deutlicher Doppelbrechung. Analyse von Tsukamoto: SiO_2 49,87, Al_2O_3 10,24, CaO 12,53, K_2O 0,99, Na_2O 11,03, Glühverlust 14,26; Summe = 98,92.

Apophyllit. Grünlichweiße Krystalle, bis 4 cm Höhe und 2,5 cm Durchmesser, von pyramidalem Habitus mit {001}, {100}. Krystallflächen und Spaltungsplatten wegen hypoparalleler Verwachsung gekrümmt. Doppelbrechung positiv, mit Andreasberger Ringsystem. Analyse von Tsukamoto: SiO_2 50,18, $Al_2O_3(+Fe_2O_3)$ 1,33, CaO 26,10, K_2O 3,16, F 0,95, Glühverlust 17,83; Summe = 99,55.

2) Heulandit, in grünem zersetztem Eruptivgestein, zu Hatsuneura und anderen Fundorten auf der Insel Tsitsi-Schima (Ogasawara-Gruppe), mit weißem bzw. rötlichem Apophyllit. Krystalle grünlich, bis 3 cm Länge, {001}, {110}, {20$\bar{1}$}, {010}, {201}. Analyse von Tsukamoto: SiO_2 60,58, Al_2O_3 15,67, CaO 6,25, K_2O 0,12, Na_2O 1,51, Glühverlust 15,98; Summe 100,11.

3) Chabasit von Osawa bei Nikko, aus zersetztem Andesit. Krystalle von 8 mm Durchmesser, mit Eisenoxyd rötlich überzogen, {100}, {110}, einfach oder nach (001) bzw. (100) verzwillingt.

4) Desmin von Obara, Provinz Iwaki. Weiße, garbenförmige Aggregate. Analyse von Shimizu: SiO_2 54,00, Al_2O_3 17,94, CaO 7,94, $(K,Na)_2O$ 1,12, Glühverlust 19,37; Summe 100,37.

Ref.: H. L. Bowman.

2. K. Jimbo (in Tōkyō): **Mineralogische Notizen** (Ebenda 122—125, 129—132).

Enargit von Kinkwaseki auf der Insel Taiwan (Formosa). Kleine Prismen, bis 5 mm Länge; meist nur {110}, {100}, {001}, zuweilen auch {010}, {011}, {015}?, {101}, {102} zeigend. In Gängen in Andesit, mit Pyrit {111} und Quarz.

Chalcedon. Die eigentümlichen Gebilde, welche Abakuskügelchen (Sorobandama-ishi) genannt werden, und aus einem radial gefurchten Doppelkegel

von 1—2 cm Durchmesser bestehen, sind Chalcedonausfüllungen von ähnlich gestalteten Hohlräumen in sphärolithischem Rhyolith und werden an mehreren Orten in Japan aufgefunden. Die eine Spitze des Doppelkegels ist abgerundet, während die andere eine Vertiefung zeigt. Die Bildung der Hohlräume wird von N. Fukuchi einer unregelmäßigen Contraction der Sphärolithe zugeschrieben.

Mineralien von Korea und von Sachalin. Es werden folgende Vorkommen von Mineralien erwähnt:

Korea. Chiastolith (8 mm Durchmesser) in Tonschiefer zu Kang-neung; Tremolith in Kalk zu Kapsan; Quarz, Rauchquarz und Amethyst zu Ön-yang.

Sachalin. Analcim, Natrolith, Prehnit, zu Ambets; Chalcedon in Würfeln mit vicinalen Flächen nach Fluorit, zu Sōni; Calcit $\{\bar{1}11\}$ zu Wāre; Quarz mit Vertiefungen in Form von Baryt, zu Nayoro (Patience Bay); thinolithähnliche Pseudomorphosen von Calcit, an der Ost- und Westküste der Insel in 50^0 n. Br., am Akhmametieffluß und zu Ussu.

Ref.: H. L. Bowman.

3. N. Fukuchi (in Tokyo): **Das Vorkommen von gediegenem Schwefel in Japan** (Beitr. z. Mineralogie von Japan 1907, 3, 127—129).

Der Schwefel kommt in Japan auf sehr verschiedene Weise vor: 1) in guten Krystallen, sowie derb, in den tätigen Kratern von Vulkanen und in Solfataren (das häufigste und technisch wichtigste Vorkommen), wie z. B. zu Moyoro und Rausu in der Chishima-Gruppe (den Kurilen-Inseln), zu Atosanobori in Hokkaidō, Tsurugisan (Provinz Ugo) und in Iwōjima (= Schwefelinsel).

2) In Solfataren wird zuweilen das Gestein zunächst angegriffen und dann die Bestandteile durch Schwefel ersetzt (wie zu Hakamagoshi bei Hakodate in Hokkaidō); in porösen Gesteinen, welche von Schwefeldämpfen durchströmt werden, entstehen zuweilen schöne gelbe Schwefelkugeln, welche Takanome (= Falkenaugen) genannt werden. So in der Yonago-Grube, Provinz Shinano.

3) Als geschichteter Schwefelschlamm am Boden von vulkanischen Seen.

4) Als flüssiger Schwefel, wie Lava, aus einem Krater (Tsurugisan, Provinz Ugo, und Kiritomedaira, Provinz Rikuchū; graue Grundmasse mit eingesprengten dünntafeligen, gelben Krystallen), sowie am Boden von heißen Seen (Pontō-See auf der Insel Kunashiri, Chishima-Gruppe).

5) In Seen in Form von hohlen Kügelchen (überzogene Gasblasen), Linsen (erstarrte, an der Oberfläche schwimmende Tropfen) und Schuppen (Pontō-See, Kiritomedaira, Shirano, Provinz Kōzuke, und Numajiri, Provinz Iwashiro).

Ref.: H. L. Bowman.

4. G. F. Herbert Smith (in London): **Krystallform des 3-Aminochinolins** $C_9H_8N_2$ (Aus: W. H. Mills und W. H. Watson, 3-Aminochinolin und die Farbe seiner Salze. Journ. of the Chem. Soc. London 1910, 97, 741—755).

Das 3-Aminochinolin existiert nach Mills und Watson in zwei farblosen Modificationen, einer stabilen und einer labilen, vom Schmelzp. 94^0 bzw. 84^0.

Die labile β-Form erhält man beim Erkalten der heißen Lösung, wenn man durch Verschluß des Gefäßes für die Fernhaltung stabiler Keime sorgt.

α-Modification.

Rhombisch-bisphenoidisch.

$$a : b : c = 1{,}6350 : 1 : 0{,}9870.$$

Große Krystalle aus Toluol zeigen herrschend $a\{100\}$ und damit kombiniert $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$, selten $r\{101\}$ und $x\{211\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$r:a = (100):(101) =$	$58^0 53'$	$58^0 37'$
$m:a = (110):(100)$	—	*58 33
$o:a = (111):(100)$	—	*66 45½
$x:a = (211):(100)$	49 20	49 14
$b:q = (010):(011)$	45 22½	—

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ. Ebene der optischen Axen $c\{001\}$, 1. Mittellinie die b-Axe. Brechungsindices:

$$\alpha = 1{,}535;\quad \beta = 1{,}873;\quad \gamma = 1{,}893.$$
$$2E = 40^0\ (Li),\ 45^0\ (Na),\ 50^0\ (Tl).$$

β-Modification.

Monoklin. $a:b:c = 2{,}2130:1:1{,}2889;\quad \beta = 90^0.$

Die prismatischen Krystalle zeigen $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $\sigma\{20\bar{3}\}$; sie erlaubten nur angenäherte Messungen.

	Beobachtet:
$m:a = (110):(100) =$	$65^0 41'$
$r:a = (101):(100)$	59 47
$\sigma:a = (20\bar{3}):(100)$	68^0—70^0 (ber. $68^0 47'$).

Ebene der optischen Axen ist $b\{010\}$. Durcb $a\{100\}$ ist eine optische Axe am Rande des Gesichtsfeldes wahrnehmbar, wobei eine negative Bisectrix ca. 40^0 mit der Normalen zur Platte bildet. Axenwinkel sehr groß.

Ref.: B. Goßner.

5. G. Jerusalem (in Cambridge): **Morphotropische Beziehungen zwischen Silicium- und Kohlenstoffverbindungen von entsprechender Zusammensetzung.** (Journ. of the Chem. Soc. London 1910, **97**, 2190—2198.)

Tribenzylsilikol $= (C_6H_5.CH_2)_2Si.OH$. (l. c. 2191.) Schmelzp. 108^0. Spec. Gewicht 1,177.

Rhombisch (hemimorph?).

$$a:b:c = 1{,}7214:1:2{,}1384.$$

Tafelige Krystalle der Combination $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $o\{111\}$, $x\{122\}$ aus einem Gemisch von Chloroform und Petroläther.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:r = (100):(101) =$	$38^0 50'$	$38^0 47'$
$o:o = (111):(\bar{1}11)$	—	*55 30 20″
$o:o = (111):(11\bar{1})$	—	*44 1 50
$x:c = (122):(101)$	65 49	65 53
$x:a = (122):(100)$	70 15½	75 8

Eine deutliche Spaltbarkeit wurde nicht beobachtet.

Der hemimorphe Charakter wird aus der verschiedenen Größe der Pyramidenflächen an verschiedenen Enden der c-Axe gefolgert; die Ätzfiguren lieferten keine Stütze.

Tribenzylcarbinol = $(C_6H_5.CH_2)_3C.OH$. (l. c. 2193.) Spec. Gewicht 1,187.

Rhombisch. $a:b:c = 1{,}7166:1:2{,}1574$.

Tafelige Krystalle der Combination $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $o\{111\}$ und $x\{122\}$ aus einem Gemisch von Chloroform und Petroläther.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:r = (100):(101) =$	38° 32′	38° 33′
$o:a = (111):(100)$	—	*62 8 50″
$o:c = (111):(001)$	—	*68 9 20
$x:a = (122):(100)$	75 12	75 10
$x:c = (122):(001)$	65 59	66 2

Tribenzylmethylchlorid = $(C_6H_5.CH_2)_3CCl$. (l. c. 2193.)

Trigonal-trapezoëdrisch. $a:c = 1:0{,}3700$.

Beobachtete Formen: $r\{100\}$, $m\{1\bar{1}0\}$, $m'\{10\bar{1}\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$r:r = (100):(010) =$	39° 47′	39° 49′
$r:m = (100):(1\bar{1}0)$	—	*70 6 20″

Spaltbarkeit nach $\{1\bar{1}0\}$ und $\{10\bar{1}\}$ vollkommen. Die Ätzfiguren auf $\{1\bar{1}0\}$ und $\{10\bar{1}\}$ erscheinen unsymmetrisch.

Triphenylsilikol = $(C_6H_5)_3Si.OH$. (l. c. 2194.) Spec. Gewicht 1,178.

Triklin. $a:b:c = 2{,}144:1:1{,}331$

$$\alpha = 59^0 30'; \ \beta = 113^0 29'; \ \gamma = 84^0 11'.$$

Die Krystalle, aus einem Gemisch von Chloroform und Petroläther erhalten, zeigen etwa gleich groß die Formen $a\{100\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, untergeordnet $o\{111\}$ und $\omega\{\bar{1}11\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$a:c = (100):(001) =$	—	*58° 20′ 50″
$a:b = (100):(0\bar{1}0)$	—	*67 25
$b:c = (0\bar{1}0):(001)$	—	*53 6 10
$\omega:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100)$	—	*64 29½
$\omega:c = (\bar{1}11):(001)$	—	*90 57 40
$\omega:b = (\bar{1}11):(010)$	42° 10	41 39
$o:c = (111):(001)$	62 20	62 19
$o:a = (111):(100)$	59 46½	59 10½
$o:b = (111):(010)$	69 2	68 36½

Triphenylcarbinol = $(C_6H_5)_3C.OH$. (l. c. 2195.) Spec. Gewicht 1,188.

Trigonal-trapezoëdrisch. $a:c = 1:0{,}6975$.

Krystalle aus Benzol zeigen $r\{100\}$, $m\{1\bar{1}0\}$, $m'\{10\bar{1}\}$.

	Berechnet:	Beobachtet:
$r:m = (100):(1\bar{1}0) =$	—	*57° 5′ 40″
$r:r = (100):(010)$	65° 49′	65 47

Ref.: B. Goßner.

6. **J. Samojlow** (in Petrowsko-Rasumowskoje bei Moskau): **Über die mineralogische Bedeutung der Vegetationsversuche** (Bull. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 205—210).

Beim Urteil über die chemische Beschaffenheit der Mineralien, besonders der Alumosilikate, kann außer der gewöhnlichen Wirkung der Chemikalien auf Mineralien eine biologische Methode verwendet werden. Diese besteht darin, daß den Pflanzen alle notwendigen Nahrungsmittel mit Ausnahme eines Elementes dargeboten werden. Das fehlende Element müssen sich dann die Pflanzen aus dem Pulver eines Minerals gewinnen und aus ihrem Wachstum können über die Beweglichkeit verschiedener Bestandteile des betreffenden Minerals Schlüsse gezogen werden.

Hierzu benutzte Verf. einen Teil der Vegetationsversuche, die im speciellen landwirtschaftlichen Laboratorium des Prof. D. N. Prjanischnikow vorgenommen werden.

Vorläufige Versuche mit dem Schimmelpilz Aspergillus niger ergaben, daß sein Mycelium besser gedeiht, wenn er aus Muscovit oder Biotit das im Substrate fehlende Kalium gewinnt, als wenn Orthoklas oder Mikroklin angewandt werden.

Von der Kaolinisationsfrage ausgehend, stellte Verf. mit Mitarbeitern Versuche mit Orthoklas und Mikroklin an Weizen, Buchweizen und Wicke an und fand, daß mit Mikroklin der Pflanzenwuchs in keinem Falle schwächer (zuweilen sogar stärker) als mit Orthoklas war. Folglich wäre das Kaolinisationsvermögen des Mikroklins von demjenigen des Orthoklas nicht viel verschieden, oder es weist der Mikroklin sogar ein leichteres Abspalten des Kaliums auf.

Die Versuche mit Apophyllit und Phillipsit an Buchweizen, Hirse und Wicke constatierten, daß im Falle des Phillipsits die Pflanzen am besten wuchsen, der Apophyllit aber fast dieselben Resultate zeigte, wie auch der Orthoklas. Zeolithe spalten ihr Kalium leichter als Orthoklas und Leucit ab; es gibt aber Mineralien (Biotit), die diese an Leichtigkeit übertreffen.

Ref.: Wold. Isküll.

7. A. Fersmann (in Moskau): **Mineralogische Notizen. 1. Diopsidkrystalle aus den Lasuritvorkommen südlich vom Baikal-See** (Bull. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 465—468).

Der Diopsid war bisher von den genannten Vorkommen in Krystallen nicht bekannt. Prof. Vernadsky und Verf. fanden in den Sammlungen der Moskauer Universität zwei Stufen mit Krystallen dieses Minerals. Die Stufen bestanden aus Calcit, in und auf dem dodekaëdrischen Lasurit, dünne Nadeln von Lasur-Apatit und Diopsidkrystalle gefunden wurden.

Messungen an einem flächenreichen Krystalle von einer der Stufen wiesen folgende Formen auf: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{100\}$, $f\{310\}$, $i\{130\}$?, $u\{111\}$, $\gamma\{\bar{1}51\}$, $\lambda\{\bar{3}31\}$ und $o\{\bar{2}21\}$. Das untere Ende des Krystalles war stark hypoparallel verwachsen. Kleine Krystalle von der zweiten Stufe gaben außer den genannten Formen noch $c\{001\}$, $s\{\bar{1}11\}$ und $p\{\bar{1}01\}$. Die spitzen Formen o und γ sind abgerundet, die stumpfen aber gut meßbar.

Ref.: Wold. Isküll.

8. W. Vernadsky und **A. Fersmann** (in Moskau): **Über Ixionolith aus dem Ilmengebirge** (Ebenda 511—516).

Vom Ural war außer gediegen Zinn bisher kein an Zinn reiches Mineral bekannt.

Unter den Columbitkrystallen, die einer der Verff. 1891 von Prof. Jeremejew erhalten hatte und die aus den Aufsammlungen M. Melnikow's im Ilmengebirge stammten, fanden Verff. zwei kleine Ixionolithkrystalle.

Strich braun. Spec. Gewicht 6,87 ($N1$) und 6,93 ($N2$) bestimmt von Stud. W. Kritzky. Mit Soda auf Kohle wurden schwache Mn-Reaction und bedeutende Mengen Zinn erhalten.

$a:b:c = 0,545:1:1,201$ ($0,5508:1:1,2460$ nach Nordenskjöld am I. von Skogböle).

Beobachtete Formen: {001}, {010}, {110}, {011} und {111}.

	Gemessen (Mittel): φ	ϱ	Grenzen: φ	ϱ	Berechnet: φ	ϱ	K	n
C{001}	—	0° 0′	—	—	—	0° 0′	1	1
b{010}	0°27′	89 57	—	—	0° 0′	90 0	1	1
m{110}	61 12,5	90 27	60° 1′–62°52′	89°25′–91° 0′	61 24	90 0	1	3
n{011}	0 10	50 8			0 0	50 13	1	1
p{111}	61 42,5	68 31,5	61 31 –61 54	68 27 –68 38	61 24	68 16	1	2

{011} und {111} sind schwach entwickelt. An einem der Krystalle tritt noch {0$\bar{1}$1} auf und {112} ist am anderen Krystall wahrscheinlich. Der Ixionolith gleicht sehr dem finnländischen, zeigt aber {100} nicht.

Ref.: Wold. Isküll.

9. W. Vernadsky und **A. Fersmann** (in Moskau): **Diskrasit von Zalatna in Siebenbürgen** (Bull. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 487—489).

Verff. zeigen, daß das als »Arsensilber Zalatna« etikettierte Mineral in der Sammlung der Akademie der Wissenschaften Antimonsilber ist. Die Kryställchen des Diskrasit sitzen mit Quarz und Pyrit auf Chalcedon und sind teilweise mit einer dünnen Haut einer Kaolinsubstanz überzogen. Reihenfolge der Generationen: Chalcedon, Quarz, Quarz + Distrasit + Pyrit, Kaolin. Die Diskrasitkrystalle zeigen die Formen: {110} und p{021}. {110} ist in der Zone [(110):(001)] stark gestreift und gerundet. Deutliche Spaltbarkeit nach {001}.

Ref.: Wold. Isküll.

10. S. Kusnezow (in Irkutsk): **Zur Mineralogie Transbaikaliens** (Ebenda 711—718).

W. Vernadsky veröffentlicht aus den schriftlichen Mitteilungen von S. Kusnezow an ihn einige Beiträge zur Mineralogie Ost-Sibiriens.

I. Worobieffit und Lepidolith.

Am N-Abhange der Borschtschowotschny-Bergkette im Tale des Flusses Urgutschan wurden in Biotitgneißen Turmalin, Lepidolith und Worobieffit gefunden.

Der Turmalin kommt auf Spalten im Gestein meistenteils in Bruchstücken vor. Der Lepidolith bildet Nester.

Das Vorkommen am Flusse Urgutschan ist dem am S-Abhange der genannten Bergkette bei Ljesskowa vollkommen analog. Hier fand sich mit dem rosenroten Turmalin mittelkörniger Lepidolith von der Zusammensetzung (Analyse von Bjeloussow):

SiO_2	50,80
Al_2O_3	25,25
F_2O_3	0,05
CaO	0,25
MgO	0,20
K_2O	9,84
Na_2O	1,91
Li_2O	5,31
Rb_2O, Cs_2O	2,64
H_2O	0,71
F	5,22
	102,18
$O = F$	2,20
	99,98

Die Analogie in den beiden Vorkommen besteht noch darin, daß das Gestein der Bergkette wie am N- so auch am S-Abhange von Pyroxengestein umrandet ist. Laut der Analyse von Bjeloussow

SiO_2	53,64
CaO	28,98
MgO	17,93
CO_2	0,11
H_2O	0,12
Al_2O_3, F_2O_3	Spur
	100,78

ist der Pyroxen ein dem Diopsid nahestehender Augit.

Der Worobieffit von Urgutschan stellt flache rosenrote Beryllkrystalle dar, wie sie Vernadsky von Lipowka im Ural beschrieben hat (Ref. diese Zeitschr. **50**, 73). Die Bestimmung der Alkalien ergab:

K_2O	fehlt
Na_2O, Li_2O	spektroskopisch gut nachweisbar
Rb_2O, Cs_2O	0,24

II. Gediegenes Wismut und Wismutglanz.

In den Goldwäschen am Flusse Amunnaja (Nebenfluß des Großen Amasar) wurden abgeschliffene, wenig glänzende, gelblichweiß angelaufene Körner von gediegenem Wismut entdeckt. Die Körner haben eine glänzende Spaltbarkeit, sind in den äußeren Partien oxydiert und besitzen eine etwas abweichende Farbe; sie enthalten Quarzkryställchen und vermutlich Limonit. Spec. Gewicht an möglichst reinem Material 9,58. Härte zwischen 2 und 3. Ein Korn enthielt einen Goldeinsprengling. In 15 Gramm Wismut wurde aber kein ferneres Gold nachgewiesen.

Der Wismutglanz entstammt denselben Goldseifen. Härte bis 2. Spec. Gewicht 6,54—6,67. Analyse von Bjeloussow:

Bi	79,45
Sb	0,35
S	18,61
SiO_2	0,19
	98,60

Der Wismutglanz besteht aus abgerundeten säulenförmigen Krystallen, spaltbar nach {100}. Er ist teilweise mit Schwefelkies, Quarz und schwarzem Turmalin verwachsen.

Außer in losen Krystallen wurde der Wismutglanz ferner in einem aus Carbonaten bestehenden Stücke in dünnen hellgrauen Nadeln, zusammen mit Schwefelkies gefunden.

Ref.: Wold. Isküll.

11. A. Fersmann (in Moskau): **Mineralogische Notizen. II. Phlogopit und Albit aus Wanderblöcken im Gouvernement Moskau** (Bull. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 733—750).

Verf. verfügte über sieben Gesteinsfragmente, die er teils von A. Iwanow und Frl. A. Kirillowa erhielt, teils aus der Collection der Moskauer Universität entnahm.

Das Gestein ist ein ziegelroter geschichteter Dolomit, in dem sich schön ausgebildete Phlogopit- und Albitkrystalle eingebettet befinden.

Der Phlogopit ist im Gestein stark verbreitet und durch Hämatit und lehmige Einschlüsse dunkelziegelrot gefärbt. Er ist selbst fast farblos, gelblich oder bräunlich und zeigt die Formen: *c*{001}, *b*{010}, *M*{221}. Nach dem Habitus unterscheidet Verf. drei Typen der Krystalle.

I. Typus. Fast hexagonale oder nach *b* etwas flache Krystalle mit stark verlängerter (bis 0,6 cm) *c*-Axe. Diese Krystalle sind (fast ohne Ausnahme) nach *m*{110} verzwillingt.

II. Typus. Stark nach *b* verflachte Krystalle. Sie kommen seltener vor als Krystalle des I. Typus. Die zonare Structur der Krystalle ist deutlich ausgeprägt und weist hellere äußere und intensiv ziegelrote innere Schichten auf. Länge der *c*-Axe bis 0,4 cm. Zwillinge nach der Basis {001}, folglich nach einem für die Glimmer neuen Gesetze (Pennin-Gesetz der Chlorite) sind selten.

III. Typus. Flache bis 0,2 cm dunkelrote Tafeln, oft Zwillinge nach {110}, gewöhnlich aber mehrfach nach dem Glimmergesetz verzwillingt.

Der Phlogopit ist fast einaxig. Die Axenebene liegt in der Fläche *b*, folglich ist der Phlogopit ein Glimmer zweiter Art. Auslöschung beinahe $\parallel$ und $\perp$ 001 : 010; der Winkel $\mathfrak{a}c$ vermutlich 1^0—2^0. Schwacher Pleochroismus in gelblichbraunen Farben. Spec. Gewicht 2,799—2,855 (vermittelst der Indicatoren). Fluor ist nachgewiesen worden. Spektroskopisch haben W. Vernadsky und A. Twaltschrelidze *Cs* und *Rb* gefunden.

Der Albit hat sehr verschiedene Ausbildung und könnte als verschiedene Mineralspecies betrachtet werden, wenn nicht die völlig gleichen Eigenschaften nachgewiesen worden wären. Spec. Gewicht 2,59—2,62 (näher zu 2,61). Spektroskopisch ist nach W. Vernadsky und A. Twaltschrelidze *Li* anwesend. An Spaltungsstücken wurde bestimmt: Auslöschungsrichtung mit der Kante $MP = +4^0 30'$ (3^0—5^0); Auslöschung auf *M* zur Kante $MP = +17^0 - +20^0$. Optisch konnte oft das Fehlen polysynthetischer Zwillingslamellen festgestellt werden.

I. Typus. Ziegel- bis fleischrote bis 0,6 cm lange Tafeln. Beobachtete Formen: $x\{\bar{1}01\}$, $p\{001\}$, $M\{010\}$, $l\{110\}$ und $f\{130\}$. $\{110\}$ und $\{130\}$ wurden fast ausschließlich bei diesem Typus beobachtet. Verzwilligung nach dem Albitgesetz ist sehr selten; dann ist der concave Winkel pp — 7° 12′. x ist stark gestreift und gebogen.

II. Typus. Bis 0,6 cm lange Krystalle von prismatischer Form mit gleichausgebildeten M und x; l und f fehlen. Polysynthetische Zwillinge nach dem Albitgesetz.

III. Typus. Rhombische dunkelrote Tafeln bis 0,8 cm nach der Diagonale. Dieser Krystalltypus ist selten. Er stellt Zwillinge nach dem Karlsbader Gesetz dar, indem die Zwillinge aus zwei einfachen Krystallen oder aus Individuen, die aus mehreren Albitlamellen zusammengesetzt sind, bestehen. Zuweilen werden $f\{130\}$ und $z\{1\bar{3}0\}$ beobachtet.

Die Krystalle dieses Typus erinnern sehr an Albite aus Dolomiten in den französischen Alpen und den Pyrenäen; der Unterschied liegt nur darin, daß statt $P\{001\}$ und $y\{\bar{2}01\}$ hier P und $x\{\bar{1}01\}$ dominieren. An einem Exemplare beobachtete Verf. einen Zwilling nach dem Gesetze vom Roc-Tourné. Dieser Albittypus ist der verbreitetste bei den regional- oder contactmetamorphisch umgewandelten Dolomiten und Kalksteinen. Die ersten zwei Typen des Verfs. sind überhaupt sehr selten; ihre genetischen Bedingungen sind schwer zu ermitteln.

IV. Typus. Dieser Albittypus stellt regelmäßige (normale) Parallelepipeda vor und reiht sich dem ersten und zweiten Typus des Verfs. an.

Die dolomitischen Wanderblöcke mit den genannten Mineralien sind vermutlich, laut literarischer Nachforschung, aus dem Norden Rußlands gekommen, wo rote Dolomitgesteine weit verbreitet sind und stellenweise an der O-Grenze des fennoskandischen Massives anstehend sich finden. Das Gestein führt in dieser Gegend sehr oft Glimmer und Feldspat, wie schon Borissow (Ref. diese Zeitschr. 1912, **51**, 286) mitgeteilt hat.

Das Entstehen der Mineralien in den Dolomiten schreibt Verf. eher hydrothermalen oder pneumatolytischen Processen, als dem regionalen Metamorphismus zu.

Ref.: Wold. Isküll.

12. W. Vernadsky (in Moskau): **Notizen über die Verbreitung der chemischen Elemente in der Erdkruste, III** (Bull. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, **4**, 1129—1148).

Die Abhandlung berichtet über weitere (vergl. diese Zeitschr. 1912, **51**, 94) spektroskopische Untersuchungen des Verfs. mit Fräulein Revoutzkaja und A. Twaltschrelidze.

Nach einer ausführlichen Beschreibung der angewandten Methode und der Hervorhebung der wichtigsten Resultate gibt Verf. eine tabellarische Übersicht der in zahlreichen Mineralien spektroskopisch gefundenen Elemente. Die Zeichen in der Tabelle bedeuten: + zweifellos vorhanden, +? die Reaction kann nicht jedesmal nach Wunsch erhalten werden, ? blieb unsicher, und — in den Untersuchungsbedingungen nicht gefunden.

Mineralien	*Cu*	*Li*	*K*	*Rb*	*Tl*	*Bi*	*Mn*	*In*	*Ca*	*Ga*	*Fe*	*Zn*	*Na*	*Ba*	*Cs*	*Mg*	*Sr*	*Pb*	*B*
I. Elemente.																			
1. Gediegen Kupfer, Ural	+																		
2. Graphit, Djimara, Prov. Tersk		+	+																
3. Wismut, Schneeberg, Sachsen		+			+	+	+												
II. Sulfide.																			
4. Sphalerit, Nertschinsk		+					+	+	+	—									
5. » Syrjanowsk, Altai	+				—		+	—		—									
6. Marmatit, Sadonsk'sche Grube, Prov. Tersk					—			+		—									
7. Sphalerit, Pitkäranta, Finnland	+				+			+			+								
8. » Katarr'sche Grube, Gouv. Elisawetpol	+							+	+		+		+						
9. » Gerjussy, Gouv. Elisawetpol	+?				—			+	+				+?						
10. Marmatit, Frolow'sche Grube, Ural	+							+											
11. » Grube Blagoweschtschensk, Syssert, Ural					+			+			+								
12. Sphalerit, Nagolny-Berge, Gebiet der Don'schen Kosaken								+		—									
13. Galenit, Nagolny-Berge, Gebiet der Donschen Kosaken							+?												
14. Chalkosin, Wassiljew'sche Grube, Ural	+																		
15. Pyrrhotin, Bodenmais, Bayern					—			—		—	+								
16. » Baschmakow'sche Grube, Ural	+?							+											
17. Pyrit, Soimonow'sche Grube, Ural													+						
18. Markasit, Alt-Ołkusch, Polen					+		+	—											
III. Oxyde.																			
19. Pyrolusit, Rgani, Tschiaturi, Gouv. Kutais		+	+				+							+					
IV. Hydrate.																			
20. Bauxit, Linwood, Georgia		+	+		+				+		+		+						
21. » Villeveyrac, Frankreich		+	+								+		+						
22. Limonit, Cholenduri, Tschiaturi, Gouv. Kutais							—							—					
V. Spinelle.																			
23. Franklinit, Sparta, New Jersey	+?	+?					+	+					+						
VI. Silicate.																			
24. Rhodonit, Schabry, Ural	+		+		—		+	+	+		+	+?	+						

Mineralien	*Cu*	*Li*	*K*	*Rb*	*Tl*	*Bi*	*Mn*	*In*	*Ca*	*Ga*	*Fe*	*Zn*	*Na*	*Ba*	*Cs*	*Mg*	*Sr*	*Pb*	*B*
25. Calamin, Kadain'sche Grube, Nertschinsk								—											
26. » Nertschinsk									+										
27. β-Paligorskit, Kadain'sche Grube	+	+			—			+	+		+				—	+			
VII. Alumosilicate.																			
28. *Fe*-Zinnwaldit, Ober-Graupen, Böhmen	+?	+	+	+	+		+?	+?	+			+?	+		+				
29. Zinnwaldit, Bajewka, Ural		+	+	+	—				+	+	+				+				
30. Lepidolith, Schaitanka, Ural	+?	+	+	+	+		+		+				+	+?	+				
31. » Lipowka, Ural		+	+	+	+		+		+?				+?		+				
32. » » Schaitanka oder Mursinka, Ural	+?	+	+	+					+				+		+				
33. Muscovit, Mursinka, Ural		+	+	+	+								+		+				
34. » Sokolow-Berg bei Schitomir, Wolynien		+	+	+	—									—					
35. » Kreis Berdjansk, Taurisches Gouv.		+	+	+	—									—	+				
36. » Zirkowschtschisna, Wolynien		+	+	+										—					
37. » Berk-Suat bei Mariinsk, Gouv. Orenburg		+	+		—									—	—		+		
38. » Karpowka, Gouv. Woronjesch		+	+	+	—									—	—				
39. » See Wschiwoje, Ilmengebirge, Ural		+	+		—														
40. » Mursinka, Ural		+	+	+	+										+				
41. » Ekaterinburger Hütten		+	+	+	+				+						+				
42. » Ilmenbirge		+	+	+									+		+?				
43. » Jelantschik, Ilmengebirge		+	+	+	+?								+		+				
44. Biotit, Ilmengebirge		+	+	+	—				+										
45. Phlogopit, unbekanntes Vorkommen		+	+	+	—		+						+						
46. » Burgess, Canada		+	+		+		+						+		—				
47. Phlogopit, Landydawn, Ontario		+	+	+	+					+			+		+				
48. » Pargas, Finnland	+?	+	+	+	+		+	+?	+		+		+		+				
49. » erratische Blöcke, Moskau		+	+	+	+?		+						+		+				
50. Lepidomelan, Ilmengebirge		+	+	+	—				+?				+	?					
51. Oellacherit, Pfitsch, Tirol		+	+		?								+	?					
52. Weißer Glimmer, Nocera, Italien		+	+		+?				+					—					
53. Pinit, »weißer Andreas«, Aue, Sachsen		+	+										+						
54. Worobieffit, Transbaikalien		+		?	—								+		+				
55. Pelikanit, Gluchowzy, Gouv. Kiew		+	+										+						

Mineralien	Cu	Li	K	Rb	Tl	Bi	Mn	In	Ca	Ga	Fe	Zn	Na	Ba	Cs	Mg	Sr	Pb	B
56. Natrolith, Grönland													+						
57. Mesolith (Antrimolit), Belley Castle, Irland									+				+						
58. Albit, erratische Blöcke, Moskau		+	+										+						
59. Petalit, San Piero, Elba		+	—										+		+				
60. Leucit, Vesuv				+	+?										+				
61. Prehnit, Fassa, Tirol		+							+		+		+						
62. » Niederkirchen, Deutschland		+	—		—				+		+		+						
63. Chlorit, Ural		—	—						+		+					+			
64. Leuchtenbergit, Ural			+						+										
65. Glas, Vesuv	+	+	+		—		+		+?		+?		+					+	
66. Sordawalit, Bodenmais, Bayern		+	+						+?				+						
67. » Serdobol, Finnland		+	+		—	+			+				+	+			—		
VIII. Alumoborosilicate.																			
68. Grüner Turmalin, Lipowka, Ural		+		—															+
IX. Manganate.																			
69. Psilomelan, Gwiteli, Tschiaturi, Gouv. Kutais		+	+				+							—					
70. » Sedergani, Ebenda		+	+				+	—						+					
71. » Schukruty, Ebenda		+	+				+							+					
X. *Ta*-*Nb*-Mineralien.																			
72. *Mn*-Tantalit, Pilbarra, W.-Australien		+					+	+	+				+						
73. Ånnerodit, Ilmengebirge					—			+											
74. Samarskit, »		+	+					+			+?		+						
XI. Wolframate.																			
75. Hübnerit, Bajewka, Ural	+	+			—		+	+		+?		+?	+	+?					
76. Wolframit, Altai								+?											
XII. Phosphate.																			
77. Phosphorit, Zinkow, Podolien		+	+						+				+						
78. » Ulanak, Mangyschlak		+	+						+				+				+		
XIII. Sulfate.																			
79. Alunit, Muzau, Ungarn			+						+		+		+						
80. » Solfatara, Italien		—	+				+?	+					+				+		
81. Baryt, Tjuja-Majun, Fergana														+			+		
82. » Tjuberkurdy, Mangyschlak			+				+?		+		+?		+	+			+		

Mineralien	CaF_2	*Cu*	*Li*	*K*	*Rb*	*Tl*	*Bi*	*Mn*	*In*	*Ca*	*Ga*	*Fe*	*Zn*	*Na*	*Ba*	*Cs*	*Mg*	*Sr*	*Pb*	*B*
83. Cölestin, Insel Nikolaus I., Aral'scher See			+	+						+?								+		
84. » Un Goscha, Mangyschlak . . .			+?	+				+?		+					+			+		
XIV. Haloidverbindungen.																				
85. Fluorit, Klitschkin'sche Grube			+							+				+						
86. Kryolith, Ivigtût, Grönland.			+											+						
Mineralcomplexe																				
I. Sublimate und Salzausblühungen.																				
1. Fumarolen, Vesuv 1906	+		+	+						+				+				+		
2. Schlamm eines Schlammvulkans bei Marasy, Kreis Schemacha, 1895 .			+	+						+		+?		+				+?		+
3. Vulkanschlamm, Bei Mirano, Italien, 1897			+	+						+				+						+?
II. Ausscheidungen aus wäss. Lösungen.																				
4. Salze aus einem Soffioni-Bassin in Larderello, Italien, 1897			+	+						+				+				+		+
5. Salze aus der Quelle Essentuki, Nr. 1, 1909.			+	+						+				+	+			+		
6. Salze aus dem Bohrloche Nr. 51, Mineralwässer, Kaukasus, 1909 . .			+	+?					?	+				+				+		
7. Alkaliextract (Chloroplatinate und Chloride) aus Torf, Mytischtschi, Gouv. Moskau, 1909.				+	?	—				+				+		+				
III. Bodenproben.																				
8. Schwarzerde, Kljutschewka, Gouv. Samara			+	+						+		+		+				—		
9. Walderde, Nowossilski-Kreis, Gouv. Tula.			+	+		—		+				+		+		—				
IV. Gesteine.																				
10. Vulkanischer Tuff, Nocera, Italien			+	+						+		+?		+		+?				
11. Vulkan. Tuff, Fossa Lupara, Nocera			+	+						—				+						
12. Vulkanische Breccie, Randecker Maar, Schwäb. Alb			+	+	+?	+?			+	+										
13. Kimberlit, Jagerfontein, S.-Afrika .			+	+						+				+		+				
14. » De Beers, S.-Afrika . .			+	+						+				+		+?		+		

Mit Anmerkungen zu den spektroskopischen Untersuchungen schließt die Arbeit.

Ref.: Wold. Isküll.

13. J. Samojlow (in Petrowsko-Rasumowskoje bei Moskau): **Barytvorkommen im O-Teile des Gouv. Kostroma** (Bull de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 857—880).

Verf. untersuchte Baryte aus den Vorkommen Dmitrijewo, Ussolje, Oschginez, Obrossimowo, Fedikowo, Pogost und Tykolowo an dem Fluß Unscha und anderen Nebenflüssen der Wolga.

1) In Spalten dunkelgrauer Septarien im sequanen Lehm des Dorfes Dmitrijewo am Flusse Unscha wurde von A. Iwanow Baryt im Kalkspat entdeckt. Der Baryt reiht sich an die Spaltenwände der Septarien, sodaß in der Reihenfolge der Mineralien der Baryt der ältere, der Kalkspat der jüngere ist. Der Baryt ist in schönen Kryställchen von 3—6 mm Länge nach der x-Axe entwickelt und gehört in die Gruppe IV der Baryte des Verfs. (Typus B, s. diese Zeitschr. 39, 616).

Angenommen wurde: $a : b : c = 0{,}8146 : 1 : 1{,}3129$.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $o\{011\}$, $u\{101\}$, $d\{102\}$, $l\{104\}$, $m\{110\}$, $z\{111\}$ und $y\{122\}$.

	K	n	Grenzen:	Gemessen:	$\varDelta$	Berechnet:
(101) : (102)	4	5	19° 18′—19° 30′	19° 22′	— 3′	19° 19′
(102) : (104)	3	5	16 40 —16 56	16 50	+ 5	16 55
(100) : (101)	4	7	31 48 —31 57	31 49	0	31 49
(100) : (102)	1	1	—	51 10	— 2	51 8
(100) : (110)	2	2	39 6 —39 11	39 9	+ 1	39 10
(001) : (011)	2	4	52 29 —52 42	52 38	+ 4	52 42
(011) : (01$\bar{1}$)	2	3	74 15 —74 42	74 33	+ 3	74 36
(111) : (1$\bar{1}\bar{1}$)	1	1	—	91 34	—12	91 22
(100) : (111)	2	6	45 17 —46 1	45 36	+ 5	45 41
(011) : (122)	2	2	25 44 —25 53	25 49	+13	26 2
(111) : (122)	3	7	18 5 —18 28	18 17	+ 1	18 18

2) Baryt aus dem Dorfe Ussolje stellt radiale, in Knollen verwachsene Krystalle, vermutlich auch aus dem sequaner Lehm, dar. Die Krystalle sind bis einige cm lang und gelb gefärbt; die seltenen kleinen Krystalle farblos. Stellenweise trifft man 2—4 mm dicke Adern mit faserigem Baryt an, welcher innig mit Pyrit und Braunkohle verwachsen ist.

Es wurden die Formen $c\{001\}$, $o\{011\}$, $S\{014\}$, $u\{101\}$, $d\{102\}$ und $\{104\}$ beobachtet.

3) Der Baryt vom Dorfe Oschginez (gewiß auch in der sequanen Stufe), gefunden von A. Tschernow, hat einen eigentümlichen Charakter. Er verbindet hier (zusammen mit Schwefelkies) einzelne Fragmente der Phosphoritknollen. Der Schwefelkies liegt in den Salbändern der Adern, der Baryt aber in den centralen Partien derselben. Der Baryt besteht aus dünnen, nach der Basis entwickelten Tafeln (ca. 2 mm) und gehört dem Habitus nach zur Gruppe II des Verfs. Die Krystalle sind gewöhnlich nach der Basis parallel verwachsen. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$ und $o\{011\}$. Natürliche Ätzfiguren auf der Basis: Pyramiden mit rhombischer Basis oder nach y ausgedehnte Hexagone.

4) Der Baryt vom Flusse Nelscha (ca. 3 Werst flußabwärts vom Dorfe Obrossimowo), wahrscheinlich aus dem Oxford. Er besteht aus grauen 5—10 cm

großen Knollen, die aus fächerförmig gebildeten Krystallen zusammen gesetzt sind. Zwischen den Barytkrystallen finden sich Pyritkrystalle und -körner, auf Spalten der Knollen Barytkrystalle zweiter Generation. Diese Krystalle stellt Verf. in seine Gruppe IV.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $o\{011\}$, $u\{011\}$, $d\{102\}$, $l\{104\}$, $m\{110\}$, $y\{122\}$ und $z\{111\}$.

	K	n	Grenzen:	Gemessen:	Δ	Berechnet:
(001):(011)	2	5	52°37'—52°48'	52°43'	—1'	52°42'
(011):(01$\bar{1}$)	2	4	74 29 —74 38	74 35	+1	74 36
(101):(102)	2	3	19 21 —19 28	19 24	—5	19 19
(102):(104)	2	3	16 50 —17 1	16 57	—2	16 55
(001):(102)	1	1	—	38 58	—6	38 52
(101):(10$\bar{1}$)	1	1	—	63 36	+2	63 38
(011):(122)	1	4	25 48 —26 4	25 54	+8	26 2
(111):(122)	1	1	—	18 9	+9	18 18

5) Südlicher von Obrossimowo, bei dem Dorfe Fedikowo am Flusse Neja, hat D. Artemjew auf Spalten sequaner Septarien kleine Anhäufungen und Krystalle von Baryt gefunden. Diese sind nach x verlängert (1—4 mm), selten tafelig (Gruppe IV, zum Teil II des Verfs.). Beobachtet werden: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{011\}$, $m\{110\}$, $d\{102\}$, $\{101\}$ und $\{154\}$. Aufgewachsen fand Verf. Pyritoktaëder.

6) Längs der Neja nach Süden findet sich ein Barytvorkommen bei dem Dorfe Pogost. Der Baryt kommt hier a) in Adern sequaner Septarien und b) in Knollen, vielleicht schon aus der Oxford-Stufe, vor.

a) Die Barytadern sind aus Krystallen zusammengesetzt, deren Enden zuweilen in kleinen Höhlungen frei liegen. Beobachtet wurden: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{011\}$, $l\{104\}$, $d\{102\}$, $u\{101\}$, $m\{110\}$, $z\{111\}$ und $y\{122\}$.

	K	n	Grenzen:	Gemessen:	Δ	Berechnet:
(001):(104)	3	3	21°25'—21°55'	21°54'	+3'	21°57'
(101):(102)	1	2	19 20 —19 21	19 20	—1	19 19
(100):(101)	3	5	31 47 —31 51	31 49	0	31 49
(001):(102)	1	2	38 48 —38 56	38 52	0	38 52
(001):(011)	1	2	—	52 40	+2	52 42
(011):(01$\bar{1}$)	1	3	74 33 —74 40	74 31	+5	74 36
(011):(122)	3	4	26 2 —26 9	26 5	—3	26 2
(111):(122)	3	4	18 15 —18 20	18 17	0	18 17

Auf $l\{104\}$ schwache Ätzfiguren.

b) Die Barytknollen enthalten: b_1 Krystalle zweier Generationen, lange (nach der x-Axe) stengelige bis nadelförmige gelbe Krystalle und etwas trübe, meistens tafelige farblose Krystalle zweiter Generation, ferner b_2 auf den Wänden von Hohlräumen im mittleren Teile einiger Knollen stark glänzende, farblose und durchsichtige, nach der x-Axe verkürzte Krystalle.

Die stengeligen Krystalle b_1 besitzen die nicht ganz gewöhnliche Combination der Formen $c\{001\}$, $o\{011\}$, $u\{101\}$ und $y\{122\}$. In den Krystallen wurden Glaukonitkörner angetroffen.

Die tafeligen Krystalle zweiter Generation sind zuweilen mit den stengelig-nadeligen parallel verwachsen, indem beide die Axe x gemeinsam haben.

Die barytführenden Sedimente enthalten hier vollkommen den Barytknollen gleichende Schwefelkiesknollen, und Verf. vermutet in einigen Fällen Barytpseudomorphosen nach Schwefelkies.

b_2. Diese Krystalle zeigen: *c* {001}, *a* {100}, *o* {011}, *l* {104}, *d* {102}, *u* {101} und *z* {111}.

	K	*n*	Grenzen:	Gemessen:	*Δ*	Berechnet:
(001):(104)	3	6	21°41'—21° 5'	21°51'	+6'	21°57'
(102):(104)	3	4	16 46 —17 4	16 53	+2	16 55
(101):(102)	4	6	19 9 —19 36	19 20	—1	19 19
(101):(10$\bar{1}$)	3	4	63 29 —63 48	63 39	—1	63 38
(110):(1$\bar{1}$0)	2	2	—	78 16	+4	78 20
(001):(011)	2	5	52 30 —52 54	52 43	—1	52 42
(011):(01$\bar{1}$)	2	3	74 34 —74 37	74 36	0	74 36
(110):(111)	1	1	—	25 39	+2	25 41
(011):(111)	1	1	—	44 20	—1	44 19
(100):(111)	1	1	—	45 36	+5	45 41

Auf *l* {104} beobachtete Verf. schön ausgebildete Ätzfiguren (trigonale Pyramiden mit den Spitzen nach *c* {001}).

Die Barytnester sind stellenweise mit Pyritkrystallen bedeckt.

7) An der Neja bei dem Dorfe Tykolowo finden sich Barytconcretionen in grauem Oxford-Lehm. Diese Concretionen sind etwas flach, bis 18 cm im Durchmesser und 2—3 cm dick. Der Baryt dieses Vorkommens stellt Krystalle der IV. Gruppe vor; sie sind nach der *x*-Axe 2—3 mm lang. Beobachtete Formen: *c* {001}, *o* {011}, *u* {101}, *d* {102}, *m* {110} und *z* {111}. Auch hier wurden Krystalle zweier Generationen, analog denjenigen aus dem Vorkommen Pogost, angetroffen. Aufgewachsen und eingewachsen in Baryt findet man Pyrit und kleine Calcitknollen.

Verf. kommt zu dem Schlusse, daß der Habitus der Barytkrystalle der genannten Vorkommen genügend constant ist, um auch die Wachstumsbedingungen als die gleichen anzunehmen. Die an Baryten beobachteten Formen sind mit Ausnahme von *S* und *ζ* die gewöhnlichen. Der petrographische Charakter des oberen Jura und der unteren Kreide gibt keinen Anlaß, die Barytfunde in den Sequan-Oxford-Schichten als secundäre zu betrachten, und Verf. stellt daher die Hypothese über primäre Bildung dieser Vorkommen auf. Diese findet Bestätigung in Forschungen mehrerer Autoren über den *Ba*-Gehalt in Meereswasser, -Pflanzen und -Tieren. Den Proceß der Concentrierung des *Ba* in Knollen stellt Verf. zu den diagenetischen Processen (im Sinne Weinschenk's und Haug's).

Ref.: Wold. Isküll.

XXXII. Die künstliche Darstellung des Dolomits.

Von

K. Spangenberg in Jena.

Mit 7 Textfiguren.

Inhaltsübersicht.

Einleitung.

Die vorliegende Arbeit ist, wie die bereits veröffentlichten Untersuchungen von W. Diesel (1) über isomorphe Mischsalze von wasserfreiem Kalk-, Magnesium- und Eisencarbonat, und wie noch mehrere unveröffentlichte Arbeiten hervorgegangen aus Versuchen, deren Ergebnisse und Folgerungen G. Linck (2) in einem Vortrage »Über die Entstehung der Dolomite« wiedergegeben hat. Für das Verständnis des Folgenden ist es daher zweckmäßig, sich den gesamten Inhalt der letztgenannten Arbeit zu vergegenwärtigen. Hier sollen daraus nur die Beobachtungen und Folgerungen wiederholt werden, die die Veranlassung zu den vorliegenden Untersuchungen gegeben haben. G. Linck sagt dort (S. 235) in bezug auf seine Arbeiten über die Bildung der Oolithe und Rogensteine (3): »Bei jenen Untersuchungen bin ich davon ausgegangen, daß die Ursache jener Bildungen in den Produkten tierischen und pflanzlichen Faulschlammes, in dem kohlensauren Ammon oder kohlensauren Natron liege. Bald danach kam ich zu der Überzeugung, daß auch der Dolomitbildung keine andere Ursache zugrunde liegen könne.« In der Tat ließ sich aus mit Ammoniumsesqui-

carbonat vermischten Lösungen von Magnesiumchlorid oder -sulfat bei Zusatz von Calciumchloridlösung durch geringes Erwärmen ein aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia bestehender Niederschlag gewinnen. Er ist unter dem Mikroskop als einheitlich zu erkennen und besteht aus schwach doppeltbrechenden, in kalter verdünnter Essigsäure leicht löslichen, 5—6 μ großen Sphärolithen vom specifischen Gewicht 2,6—2,7. Dieser Niederschlag ist zweifellos kein Dolomit, wohl aber ein bis dahin noch nicht bekanntes, wasserfreies, sphärolitisch krystallisierendes Mischsalz von Magnesium- und Calciumcarbonat. Es soll im Folgenden kurz als »Linck'sches Mischsalz« bezeichnet werden. Seine Eigenschaften eingehender zu untersuchen, die schon von Linck gefundene Abhängigkeit seiner chemischen Zusammensetzung von den verwendeten Lösungen zahlenmäßig zu belegen, sowie Aufklärung über die Modification der darin enthaltenen Carbonate zu geben, ist Herrn K. Schmidt als Aufgabe gestellt gewesen (4). Analoge Mischsalze von Calcium- und Magnesiumcarbonat oder einem von beiden mit Eisencarbonat sind in der oben erwähnten Abhandlung von W. Diesel genügend untersucht worden.

Die gleichen Versuche, die das Linck'sche Mischsalz geliefert hatten, ergaben aber unter etwas geänderten Bedingungen ein ganz anderes Resultat [(2) S. 238]. Wurde nämlich die Reaktion bei gelindem Erwärmen (auf ca. 40—50°) in zugeschmolzenen Röhren vorgenommen, also im Gegensatz zu den Versuchen, die das Linck'sche Mischsalz geliefert hatten, unter dem durch die freiwerdende Kohlensäure bedingten Überdruck, dann bestand der Niederschlag aus sehr stark doppeltbrechenden Sphärolithen, deren specifisches Gewicht über 2,72 lag und die im Gegensatz zum Linck'schen Mischsalz in kalter verdünnter Essigsäure fast unlöslich waren. Da bei den gewählten Concentrationen der Ausgangslösungen der Niederschlag fast genau die Zusammensetzung des Dolomits hatte, nämlich 44,8% $MgCO_3$ und 49,5% $CaCO_3$ hielt G. Linck [(2) S. 239] diesen Niederschlag für Dolomit, der sich vermutlich nicht direct, sondern aus dem obenerwähnten Mischsalz gebildet hatte. Daraus ergab sich als Aufgabe für die vorliegenden Untersuchungen: Es soll festgestellt werden, ob und wie sich Dolomit direct oder aus labilen Modificationen des Calciumcarbonats bilden kann.

Teil I.

Schon G. Linck folgerte aus dem specifischen Gewicht des Mischsalzes, daß die darin enthaltene Modification des kohlensauren Kalkes dem Vaterit, der zuerst durch H. Vater (5) bekannt gewordenen, in neuerer Zeit von O. Bütschli (5) genauer untersuchten zweiten labilen Modification des kohlensauren Kalkes entsprechen müsse. Einwandfrei bewiesen wurde

diese Folgerung durch W. Diesel [(1) S. 272]. Andererseits war die Vermutung begründet, daß auch das im Linck'schen Mischsalz enthaltene Magnesiumcarbonat nicht dem stabilen Magnesit, sondern ebenfalls einer labilen Modification entsprechen würde. Man war daher von vornherein berechtigt anzunehmen, daß bei geeigneter Versuchsanordnung an Stelle des Mischsalzes sich irgendwelche stabilere Formen würden erhalten lassen. Daß sich z. B. unter Anwendung von Kohlensäuredruck zum mindesten etwas anderes als Linck'sches Mischsalz darstellen ließ, dafür sprachen ja die Resultate, die G. Linck bei den oben erwähnten Versuchen in geschlossenen Röhren erhalten hatte. Es wurden aus diesem Grunde die Versuche, bei denen G. Linck und K. Schmidt durch Fällen von Magnesiumchlorid- und Calciumchloridlösungen mit Ammoniumsesquicarbonat bei Normaldruck stets Linck'sches Mischsalz gewonnen hatten, unter dem aus der freiwerdenden Kohlensäure resultierenden Überdruck ausgeführt. Dabei sollte dann versucht werden, durch Änderungen der Mengenverhältnisse sowie der Concentrationen der angewandten Lösungen dem Ziele dieser Arbeit näher zu kommen. Nachstehend mögen nun allgemeine Bemerkungen folgen über die

Ausführung der Versuche und Untersuchung ihrer Resultate.

Die mit Silbernitrat titrierten Magnesiumchloridlösungen wurden mit Ammoniumsesquicarbonatlösung, deren Ammoniakgehalt mit $\frac{1}{10}$ normaler Salzsäure titriert worden war, vermischt und ebenfalls mit mit Silbernitrat titrierten Calciumchloridlösungen in Selterswasserflaschen von gleicher Form und Größe zur Reaktion gebracht. Die Flaschen wurden stets mit neuen Korken verschlossen und der Stopfen festgebunden, sodaß möglichst keine freiwerdende Kohlensäure entweichen konnte. Der während des Versuches vorhandene Kohlensäuredruck war dann häufig so groß, daß andere dünnwandigere Flaschen zersprengt wurden. Er dürfte aber nach ungefährer Berechnung selbst bei den höchsten angewandten Temperaturen ca. 8—10 Atmosphären nicht überschritten haben. Die Versuche wurden bei 25°, 50° und 60° C. im Thermostat vorgenommen und die verwendeten Lösungen vor der Reaktion auf die betreffende Temperatur gebracht. Nach Beendigung der Versuche wurde der Niederschlag mit durch Kochen von Kohlensäure befreitem kalten Wasser gewaschen und auf dem Filter bei 70—80° getrocknet.

Untersucht wurden die Niederschläge unter dem Mikroskop zunächst sofort beim Filtrieren, dann auch nach dem Trocknen. Es stellte sich dabei heraus, daß sie bei allen im Weiteren angegebenen Versuchen aus den schon von G. Linck [(2) S. 238] ausführlich beschriebenen stark doppeltbrechenden Sphärolithen bestanden. War der Niederschlag einheitlich und waren unter dem Mikroskop keine Nadeln von wasserhaltigem Magnesium-

carbonat[1]) zu bemerken, dann wurde die gewöhnliche Bauschanalyse der Substanz vorgenommen. Für den vorliegenden Zweck wurde dabei Calcium-, Magnesium- und Glühverlustbestimmung für genügend erachtet und der Calcium- und Magnesiumcarbonatgehalt auf wasserfreie Substanz umgerechnet. Es sei hier gleich ganz allgemein vorausgenommen, daß in den Sphärolithen ein zwischen 1—4% schwankender Wassergehalt durch die Glühverlustbestimmung gefunden wurde. Den Beweis dafür, daß dies Wasser nur mechanisch bei der Krystallisation der Sphärolithe eingeschlossen worden sein kann, hat K. Schmidt (4) für das Linck'sche Mischsalz erbracht. In analoger Weise ließ es sich für die bei den im Folgenden angegebenen Versuchen gewonnenen Sphärolithe folgern. Der Vollständigkeit halber sei noch angegeben, daß Calcium als Oxalat gefällt und als Oxyd gewogen, Magnesium als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt und als Pyrophosphat gewogen wurde.

Außer der optischen und chemischen Analyse wurden zur Untersuchung und Charakterisierung der Niederschläge noch verwandt: Kobaltsolution (6), Lemberg'sche Lösung (7), und verdünnte kalte Essigsäure. Specifische Gewichte wurden nach der Suspensionsmethode in Thoulet'scher Lösung bestimmt.

Ergebnisse der Versuche.

Unter dem Mikroskop erwiesen sich alle Niederschläge, wie schon oben kurz erwähnt, als stark doppeltbrechende Sphärolithe von hoher Lichtbrechung. Trotz ihrer rauhen Oberfläche und obwohl sie vielfach nur unvollkommen durchsichtig waren, zeigten sie stets noch sehr gut das schwarze Axenkreuz. Mit dem Gypsblättchen ließ sich der Charakter der Doppelbrechung stets als negativ bestimmen. Die Größe der Sphärolithe schwankte zwischen 10 und 25 μ. Bei Übersättigung der Lösung an Magnesiumbicarbonat fanden sich unter den Niederschlägen die oben erwähnten Nadeln von $MgCO_3 . 3H_2O$. Die im folgenden angegebenen Versuchsreihen wurden stets nur bis zu dieser Grenze der Einheitlichkeit des Niederschlages durchgeführt.

In Tabelle I sind Versuche mit gleicher Zeitdauer, constantem Volumen und constanter Gesamtconcentration bei steigendem Magnesiumchloridgehalt der Lösung bei 25°, 50° und 60° C. zusammengestellt. Wie dort angegeben, wurde das Ammoniumsesquicarbonat [unter Annahme der Formel $(NH_4)_4H_2(CO_3)_3 . H_2O$] $\frac{3}{2}$ n verwandt. Daraus ist die absolute Concentration der Lösungen ersichtlich; ebenso läßt sich sofort erkennen, daß der Ammoniakgehalt des Sesquicarbonats dem vorhandenen Chlor stets äquivalent ist. Die relative Concentration ergibt sich dann aus den ersten Spalten. Es ist noch hervorzuheben, daß die Versuche stets doppelt ausgeführt wurden; beim $CaCO_3$-Gehalt ist dann das Mittel angegeben. Weiterer Erläuterungen

---

1) Von K. Schmidt als $MgCO_3 + 3H_2O$ bestimmt.

bedarf die Tabelle nicht. Folgerungen sollen weiter unten angegeben werden. Die Concentrationen der in der ersten Horizontalreihe mit dem Verhältnis $Mg : Ca = 2 : 1$ angegebenen Versuche entsprechen übrigens den von G. Linck (2) angegebenen.

Tabelle I.

Zeit = 50 Stunden. Constantes Volum = 300 ccm, davon 150 ccm $\frac{3}{2}$ norm. Ammoniumsesquicarbonat, 50 ccm $MgCl_2$ und 100 ccm $CaCl_2$.

Molekularprozente			$Mg : Ca$	I. Tp. = 60° C.		II. Tp. = 50° C.		III. Tp. = 60° C.	
Am.-Carb.	$MgCl_2$	$CaCl_2$		Nr.	% $CaCO_3$	Nr.	% $CaCO_3$	Nr.	% $CaCO_3$
60	26,7	13,3	2 : 1	1	81,47	6	78,88	10	76,13
60	30	10	3 : 1	2	76,95	—	—	—	—
60	32	8	4 : 1	3	76,10	7	68,88	11	Nicht einhtl.
60	34,3	5,7	6 : 1	—	—	8	64,00		
60	35,6	4,4	8 : 1	4	72,02	9	Nicht einhtl.		
69	36	4	9 : 1	5	Nicht einhtl.				

Tabelle II.

Zeit = 50 Stunden. Temperatur = 50° C. Constantes Volum = 300 ccm, davon 150 ccm $\frac{3}{2}$ norm. Ammoniumsesquicarbonat, 50 ccm $MgCl_2$ und 100 ccm $CaCl_2$. $MgCl_2 : CaCl_2 = 2 : 1$.

Schnell geschlossen		5 Minuten geschüttelt	
Nr.	% $CaCO_3$	Nr.	% $CaCO_3$
12	78,29 %	15	79,97 %
13	77,98 %	16	79,36 %
14	77,44 %	17	80,22 %
Mittel	77,90 %	Mittel	79,85 %

Mittel = 78,88 %.

In Tabelle II sind Versuche zusammengestellt, die über die Reproducierbarkeit und die etwaige Fehlergrenze der in Tabelle I wiedergegebenen Versuche Klarheit schaffen sollten. Die Ausführungen der Versuche ließ sich ja immer wieder in allen Punkten gleich gestalten, nur die bei dem Mischen der Reactionslösungen entweichende Kohlensäure konnte eine ungenaue Reproducierbarkeit bedingen, wie ich sie tatsächlich bei den Doppelversuchen zu Tabelle I häufig beobachtete. Es wurden infolgedessen bei 50° C. Versuche mit den in Tabelle II angegebenen absoluten und relativen Concentrationen absichtlich in möglichst verschiedener Weise ausgeführt

indem einmal die Flaschen nach der Reaction so schnell als möglich verschlossen, das andere Mal erst 5 Minuten lang geschüttelt wurden, damit im zweiten Falle sicher mehr Kohlensäure entwichen war als im ersten. Das Mittel aus den sechs angegebenen Versuchen wurde in Tabelle I unter Nr. 6 angegeben.

Tabelle III.

Zeit = 20 Stunden. Temperatur = 50° C. Constantes Volum = 300 ccm, davon 150 ccm Ammoniumsesquicarbonat, 50 ccm $MgCl_2$ und 100 ccm $CaCl_2$.

Nr.	Molekularprozente			% $CaCO_3$
	Ammoncarb.	$MgCl_2$	$CaCl_2$	
18	60,7 (2/1 normal)	22,2	11,1	73,61
		2 : 1		
19	75,0 (3/1 normal)	16,7	8,3	66,68
		2 : 1		
20	85,7 (6/1 normal)	9,5	4,8	60,11
		2 : 1		

In Tabelle III sind die Resultate von Doppelversuchen angegeben, die bei 50° C. unter steter Verstärkung der Concentration des Ammoniumsesquicarbonates bei constantem Volum ausgeführt wurden. Die relativen Concentrationen sind aus den angegebenen Molekularprozenten ersichtlich, die absolute Concentration läßt sich dann aus den Angaben für das Ammoncarbonat bestimmen. Der letzte der angegebenen Versuche liefert gleichzeitig die Grenze für den einheitlichen Niederschlag. Versuche mit noch stärkerer Concentration des Ammoncarbonates, ergaben auch bei gleich zeitiger Vermehrung des Magnesiumchlorides keine einheitlichen Niederschläge mehr.

Als unmittelbare Folgerungen ergeben sich nun zunächst aus den vorstehenden Tabellen: 1. Die Versuchsergebnisse sind bis auf Schwankungen von ca. 2% im $CaCO_3$-Gehalt reproducierbar (Tabelle II). 2. Der Magnesiumgehalt im Niederschlag steigt a) mit der Vermehrung der Magnesiumionen in der Lösung (Tabelle I), b) mit der Erhöhung der Temperatur (Tabelle I), c) mit der Verstärkung der Concentration der Ammoniumsesquicarbonatlösung (Tabelle III). 3. Die Steigerung des Magnesiumcarbonatgehaltes läßt sich nicht beliebig weit fortsetzen, sondern erreicht eine durch die Übersättigung der Lösung an Magnesiumbicarbonat bedingte Grenze, von der an sich $MgCO_3.3H_2O$ neben dem sphärolithischen Niederschlag bildet. Aus den in Tabelle I bei 25° und 50° angegebenen Versuchen ersieht man übrigens, daß die Zunahme des Magnesiums im Niederschlag bei höherer

Temperatur schneller erfolgt, als bei niedrigerer. Die gefundenen Werte in ein Diagramm einzutragen, würde bei der geringen Anzahl bestimmter Punkte zwecklos sein.

Vergleicht man nun diese Resultate mit den Tatsachen, die K. Schmidt (4) bei Ausführung der gleichen Versuche nur ohne Kohlensäureüberdruck im offenen Gefäß für das Linck'sche Mischsalz gefunden hat, dann ergibt sich vollkommene Analogie: Denn K. Schmidt gibt an, daß der Magnesiumgehalt im Linck'schen Mischsalz abhängig ist und steigt 1. mit Vermehrung des Magnesiums in der Lösung, 2. mit Erhöhung der Temperatur, 3. mit verstärkter Concentration des Ammoniumcarbonats, ferner daß in allen Fällen eine durch die Abscheidung des $MgCO_3 . 3H_2O$ bedingte Grenze erreicht wird.

Trotz dieser vollkommenen Analogie bestehen nun aber folgende sehr wesentliche Unterschiede zwischen dem Linck'schen Mischsalz und den bei meinen Versuchen erhaltenen Niederschlägen: K. Schmidt findet für das Linck'sche Mischsalz ein specifisches Gewicht nie über 2,68. Außerdem löst es sich sehr leicht in kalter ca. 1%iger Essigsäure, färbt sich, wie bei der darin enthaltenen labilen Modification sowohl des Calcium- wie des Magnesiumcarbonates nicht anders zu erwarten, beim Kochen mit verdünntem Kobaltnitrat (Meigen'sche Reaktion) stets sofort dunkelviolett, wird durch Lemberg'sche Lösung leicht angefärbt und hat verhältnismäßig schwache Licht- und Doppelbrechung. Die bei meinen Versuchen erhaltenen Niederschläge dagegen haben nie ein specifisches Gewicht unter 2,72 trotz des früher erwähnten geringen Wassergehaltes, färben sich mit Kobaltsolution auch nach $\frac{1}{2}$ stündigem Kochen nicht und haben hohe Licht- und Doppelbrechung. Mit Lemberg'scher Lösung aber werden auch sie angefärbt. Schon das verschiedene specifische Gewicht und der auffällige Unterschied in dem Verhalten gegen Kobaltsolution beweisen absolut sicher, daß kein Linck'sches Mischsalz mehr vorliegen kann. Dagegen sind die Niederschläge, die ich bei den geschilderten Versuchen erhielt, in vieler Hinsicht dem von G. Linck [(2) S. 238] in geschlossenen Röhren erhaltenen Resultat analog, in dem wir, wie eingangs besprochen, Dolomit vermuteten.

Gegen Dolomit selbst spricht in unserem Falle freilich sowohl das Verhalten gegen Lemberg'sche Lösung, wie das specifische Gewicht und vor allem die chemische Zusammensetzung, die, wie aus den obenstehenden Tabellen ersichtlich, nie bis an das äquimolekulare Verhältnis der beiden Carbonate heranreicht. G. Linck hatte freilich bei seinen Versuchen die chemische Zusammensetzung des Niederschlages ungefähr von der des Dolomits gefunden. Ich habe daher selbst mehrere Versuche in vollkommen gleicher Weise, nämlich in geschlossenen Röhren, bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt. Die dabei erhaltenen Niederschläge waren einheitlich und ließen sich durch specifisches Gewicht, Licht- und Doppelbrechung und

Verhalten gegen Kobaltsolution zunächst als mit den in verschlossenen Flaschen hergestellten Niederschlägen analog beweisen. Bei einem bei 50° C. im Thermostat ausgeführten Versuche fanden sich im Niederschlag 69,16% $CaCO_3$, bei 60—70° C. im Schießofen 57,04% $CaCO_3$, bei 95—100° im Schießofen 44,50% $CaCO_3$. Zu bemerken ist aber, daß die beiden letzten Niederschläge sich mit Lemberg'scher Lösung erst nach längerer Zeit und nur schwach anfärben ließen.

Daraus geht aber zur Genüge hervor, daß diese letzteren Resultate mit denen von G. Linck in geschlossenen Röhren erhaltenen vollkommen übereinstimmen, und daß diese Niederschläge mit ihrem wahrscheinlich nur durch den höheren Kohlensäureüberdruck bedingten höheren Magnesiumcarbonatgehalt sich ohne Unterbrechung an die in den Tabellen I—III zusammengestellten anschließen. Aus der oben geschilderten Analogie ihrer chemischen Zusammensetzung mit der des Linck'schen Mischsalzes läßt sich mit Bestimmtheit schließen, daß diese Niederschläge aus jenem entstanden sind. Somit wäre der erste Teil der Vermutung G. Linck's, daß seine in geschlossenen Röhren erhaltenen Endprodukte aus dem Vaterit-Mischsalz entstanden sind, wohl sicher bewiesen. Es wäre aber nun noch die Frage zu entscheiden, ob dabei Dolomit entstanden ist, oder nicht. Aus der continuierlich sich ändernden chemischen Zusammensetzung lassen sich zwei Möglichkeiten ableiten: 1. Das Linck'sche Mischsalz hat sich aus der Vateritmodification in eine isomorphe Mischung anderer Modificationen der beiden Carbonate umgewandelt. Nach den Untersuchungen von J. W. Retgers (8) könnten dabei Calcit, Dolomit und Magnesit als sicher nicht isomorph nicht in Betracht kommen; ebenso wäre eine Aragonitmodification so gut wie ausgeschlossen, da in natürlichen Aragoniten ein erheblicher Magnesiumgehalt nie beobachtet wurde. Es müßten daher schon zwei bisher unbekannte Modificationen in Betracht gezogen werden, deren Existenz allerdings sehr wenig wahrscheinlich ist; jedoch die Möglichkeit muß hier zunächst berücksichtigt werden. 2. Das Linck'sche Mischsalz hat sich aus der Vateritmodification umgewandelt in ein Gemenge aus Calcit und Magnesit oder aus Dolomit und Calcit oder Dolomit und Magnesit oder bei äquimolekularer Zusammensetzung vielleicht in Dolomit allein, wie z. B. G. Linck vermutet hatte.

Es muß nun zugegeben werden, daß sich an der Hand des bisher vorgetragenen Tatsachenmaterials eine Entscheidung zwischen den beiden geschilderten Möglichkeiten nicht mit absoluter Bestimmtheit treffen läßt. Nach Abhandlung des zweiten Teiles dieser Arbeit werden wir vielleicht in dieser Hinsicht besseren Erfolg haben. Jedenfalls lagen nach Abschluß der wiedergegebenen Versuche die Verhältnisse bei weitem nicht so klar, als sie mir jetzt erscheinen, und es war unmöglich mit Sicherheit zu entscheiden, ob auf die angegebene Weise Dolomit direct erhalten werden konnte.

Teil II.

Versuche, durch directe Fällung Dolomit darzustellen, hatten wie wir eben sahen nicht den gewünschten Erfolg, und es mußte, um zum Ziele zu gelangen, ein anderer Weg eingeschlagen werden. Nach vergeblichem Suchen meinerseits gab mir Herr Geheimrat Linck folgende, wie sich bald herausstellen wird, außerordentlich glückliche Anregung: In Anbetracht des Umstandes, daß im Linck'schen Mischsalz das Calciumcarbonat als Vaterit enthalten ist, sollte versucht werden, Magnesiumlösungen, und zwar Magnesiumbicarbonatlösungen, direct auf Vaterit als Bodenkörper, eventuell bei Anwesenheit von Lösungsgenossen einwirken zu lassen. Es leuchtet wohl sofort ein, daß gerade bei derartigen Versuchen wie kaum bei einem der früher angestellten Experimente zur Darstellung des Dolomits von vornherein die Möglichkeit der Bildung dieses Doppelsalzes sehr aussichtsreich erscheint. Doch wir wollen nur die Resultate sprechen lassen.

1. Darstellung des Ausgangsmaterials.

Bevor ich die Ausführung der Versuche schildere, ist es nötig, über die Herstellung der beiden Ausgangsproducte, also des Vaterits und der Magnesiumbicarbonatlösungen Einiges zu sagen.

a) Darstellung von Vaterit.

Bei den ersten Versuchen zu diesem Zwecke hielt ich mich an das von O. Bütschli (9) genau angegebene Verfahren, das im wesentlichen auf der außerordentlich geringen Löslichkeit des Calciumcarbonates in Kaliumcarbonat beruht: Aus halbverdünnten Lösungen von Kaliumcarbonat und Calciumchlorid wird zunächst amorpher Kalk gefällt, den man dann in flachen Schalen unter $\frac{3}{4}$ concentrierter Kaliumcarbonatlösung krystallinisch werden läßt. Abgesehen von der Umständlichkeit des Verfahrens, besonders wenn man genötigt ist größere Mengen herzustellen, war es mir in dieser Weise auch nie recht gelungen, von Calcitrhomboëdern ganz freien Vaterit herzustellen. Nach verschiedentlichen Versuchen gelang es mir jedoch stets nach folgendem von G. Linck angeregten Verfahren reinen Vaterit schnell und in erheblichen Mengen herzustellen: Es wurden z. B. in 1500 ccm K_2CO_3-Lösung ($\frac{1}{2}$ concentriert, d. h. ca. 500 g auf 1 Liter Wasser) unter ständigem Umrühren 500 ccm $CaCl_2$-Lösung (ca. $\frac{2}{1}$ normal, d. h. ca. 111 g im Liter) eingegossen. Nach 2—2$\frac{1}{2}$ Stunden war die Gallerte vollkommen entglast, der nun gebildete Vaterit hatte sich zu Boden gesetzt. Um möglichst schnell auszuwaschen, empfiehlt es sich durch wiederholtes Dekantieren und Umrühren beim Wiederaufgießen von reinem Wasser das überschüssige Kaliumcarbonat und -chlorid zu entfernen. Nach 5—6 maliger Wiederholung war in der Regel die Cl-Reaktion verschwunden. Dann wurde das Wasser

möglichst vollkommen abgegossen, der Niederschlag mit absolutem Alkohol auf das Filter gebracht und noch kurze Zeit damit gewaschen. Bei 50—70° C. im Trockenschrank genügte ein ca. 12—15stündiges Trocknen in flachen Schalen, um den Vaterit zur weiteren Verwendung fertig zu erhalten.

Geprüft wurde der Vaterit zunächst auf seine Reinheit unter dem Mikroskop. Fanden sich dort bei mehrmaliger Untersuchung in verschiedenen Proben nur im Maximum bis 10 μ große, schwach lichtbrechende Sphärolithe von grauen Polarisationsfarben und keine Rhomboëder oder Aragonitnadeln, dann wurde die weitere Prüfung vorgenommen. Es sei übrigens bemerkt, daß der Charakter der Doppelbrechung der Sphärolithe teils positiv, teils negativ war. Beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols öffnete sich das Axenkreuz des öfteren zu Hyperbeln. (Mir scheint dieses Verhalten durch die Annahme von nicht vollkommen kugelförmig ausgebildeten Sphärolithen genügend erklärt zu sein). Zur weiteren Prüfung wurde eine Probe der Substanz mehrere Tage lang unter verdünnter Kochsalzlösung bei gewöhnlicher oder nur mäßig erhöhter Temperatur (30—40° C.) stehen gelassen, eine andere bei 90—95° C. im Thermostat einige Tage mit verdünnter Kochsalzlösung oder auch mit reinem Wasser erwärmt. Im ersteren Falle hatte sich der Vaterit zum größten Teil in Rhomboëder umgewandelt, der Rest war unverändert; im letzteren in 60—80% Aragonitnadeln und Rhomboëder; die Aragonitnadeln wurden durch die Meigensche Reaktion identificiert.

Erst nachdem diese Prüfung vollständig einwandfrei Vaterit ergeben hatte, wurden Versuche damit ausgeführt. Ich kann noch hinzufügen, daß während der Zeit eines Jahres mit dem sorgfältig getrockneten Vateritpulver nicht die geringste Veränderung vor sich gegangen war. Specifisches Gewicht wurde von mir nicht bestimmt, doch hat Herr Peine eine ungefähre Bestimmung ausgeführt und ca. 2,60 gefunden.

b) Zur Herstellung der Magnesiumbicarbonatlösungen

wurde ca. 20—24 Stunden lang Kohlensäure aus einer Bombe durch mit Wasser und darin aufgeschlemmtem feingepulvertem käuflichen wasserhaltigen Magnesiumcarbonat gefüllte Flaschen hindurchgeleitet. Für die Versuche, die mit Lösungsgenossen ausgeführt werden sollten, war die betreffende Salzmenge schon vor dem Durchleiten der Kohlensäure der Lösung zugesetzt worden. Wenn dann nach jedesmaliger Entnahme einer Quantität die Lösungen wieder mit Kohlensäure gesättigt wurden, ließen sie sich in gut verschlossenen Flaschen lange aufbewahren, ohne daß sich wasserhaltiges Magnesiumcarbonat abgeschieden hätte. Die Mengen, die nach 20—24 Stunden im Liter gelöst waren, schwankten zwischen 20 und 25 g $MgCO_3$.

2. Ausführung der Versuche.

Vorversuche, bei denen Magnesiumbicarbonat bei Zimmertemperatur und Normaldruck auf Vaterit einwirken sollte, ergaben kein befriedigendes Resultat. Bei Versuchen, die in zugeschmolzenen Röhren bei 35° C. im Thermostat ausgeführt wurden, war auch bei Zusatz von Lösungsgenossen stets $MgCO_3 . 3H_2O$ ausgefallen; dieselben Versuche ergaben aber bei ca. 100° C. im Schießofen ausgeführt einen Bodenkörper, der aus Rhomboëdern und Nadeln bestand. Die weitere Untersuchung lehrte, daß die Nadeln leicht in kalter 1%iger Essigsäure löslich waren, während in dem aus Rhomboëdern bestehenden Rückstand stets noch eine erhebliche Menge *Ca* nachgewiesen werden konnte. Dieses Resultat schien Erfolg zu versprechen und es wurden daher alle weiteren Versuche unter wechselnden Bedingungen bei verschiedenen Mengenverhältnissen in zugeschmolzenen Glasröhren ausgeführt. Da bei höheren Temperaturen durch den Partialdruck der Kohlensäure aus dem Magnesiumbicarbonat ein ziemlicher Druck resultierte, erwiesen sich starke Rohre aus Jenaer Glas von höchstens 2 cm lichter Weite als besonders geeignet und haltbar. Um möglichst wenig und stets annähernd den gleichen Gasraum über Flüssigkeit und Bodenkörper im Rohre zu haben, ließ ich auf die Röhren einen langen engen Hals aufsetzen, während der Bauch ziemlich genau 50 ccm oder bei einigen Versuchen auch 100 ccm fassen mußte. Dadurch ließ sich einerseits ein ziemlich geringer und dabei annähernd constanter Gasraum erreichen, andererseits das Zuschmelzen beschleunigen und erleichtern. Nach dem Einfüllen der nötigen Mengen Vaterit und Magnesiumbicarbonatlösung wurde stets durch Einleiten von Kohlensäure die Luft aus dem Rohre möglichst verdrängt und dann schnell zugeschmolzen.

Die erhaltenen Niederschläge wurden in der üblichen Weise sorgfältig ausgewaschen, gut getrocknet und vor und nach dem Trocknen unter dem Mikroskop untersucht. Über ihre weitere Charakterisierung wird bei Mitteilung der Resultate von Fall zu Fall berichtet werden.

3. Ergebnisse der Versuche.

Die in Tabelle IV zusammengestellten Versuche wurden in der oben geschilderten Weise bei 100 (± 5)° C. im Schießofen ausgeführt. Dauer der Versuche, angewandte äquimolekulare Mengen Vaterit und Magnesiumbicarbonatlösung sowie der daraus etwa resultierende Druck sind aus der Tabelle ersichtlich. Als Lösungsgenossen wurden die angegebenen Ammoniumsalze verwandt und zwar sind die in der 1. Spalte enthaltenen dreifach, die in der 2. Spalte einfach äquivalent den im Meerwasser [nach v. Bibra, vergl. in (3)] enthaltenen Magnesium- und Calciumsalzen.

Tabelle IV.

Temperatur = 100° C. (Schießofen).
Zeit = 50 Stunden.
Druck = ca. 20 Atmosphären.

$CaCO_3$ = 2 g Vaterit.
$MgCO_3$ = 1,68 g in 100 ccm Bicarbonatlösung.

Lösungsgenosse	Nr.	Zusatz in g per Liter	% Aragonit	% Dolomit	Nr.	Zusatz in g per Liter	% Aragonit	% Dolomit
$NHCl_4$ . .	1	16,5	43	20,5	4	5,5	46	15
$(NH_4)_2SO_4$.	2	20,4	42	22,5	5	6,8	43	20,5
NH_4Cl + $(NH_4)_2SO_4$	3	8,2 + 10,2	44	19	6	2,7 + 3,4	44	19

Die optische Untersuchung ergab in allen Fällen schön ausgebildete stark licht- und doppeltbrechende Rhomboëder von durchschnittlich 15 μ Größe gemengt mit ebenfalls stark licht- und doppeltbrechenden Nadeln von durchschnittlich 250 μ Länge und ca. 20 μ Breite. Dieses Gemenge ließ sich durch Kochen mit Cobaltsolution violett färben. Unter dem Mikroskop zeigten sich dann nur die Nadeln durch gefälltes basisches Cobaltcarbonat schwach rosa gefärbt. Deutlicher sichtbar machen läßt sich diese unter dem Mikroskop oft nur schwer erkennbare Anfärbung, indem man einen Tropfen Schwefelammon auf ein vorher möglichst gut ausgewaschenes Präparat bringt: Die bereits angefärbten Teile werden dann durch Cobaltsulfid schwarz gefärbt. Mit Lembergscher Lösung ließen sich deutliche Resultate nicht erhalten, da die Nadeln infolge ihrer verhältnismäßig geringen Größe meist ganz aufgelöst wurden. Doch schienen die größeren stets angefärbt zu sein. Auf Grund dieses Verhaltens konnte in den übrigens immer gerade auslöschenden Nadeln entweder Aragonit oder $MgCO_3 . 3H_2O$ vermutet werden. Gegen das letztere sprachen aber bereits die ganze Ausbildung der Krystalle sowie das specifische Gewicht: In einer Lösung von 2,78 waren alle Gemengteile gesunken. Am deutlichsten ergab die Prüfung mit kalter 1%iger Essigsäure den Beweis für Aragonit: Nach ca. 5 Minuten langem Schütteln waren damit aus dem Niederschlage fast alle Nadeln verschwunden. Im Filtrat fand sich aber nur Calcium, neben einer Spur Magnesium. Gegen Aragonit sprach auch nicht die Lage des kleinsten Brechungsexponenten in der Längsrichtung, da Aragonit in der Richtung der c-Axe nadelförmig ausgebildet zu sein pflegt. Irgendwelche Formen ließen sich an den Kryställchen infolge ihrer Kleinheit nicht bestimmen.

Es handelte sich nur noch darum, den rhomboëdrischen Rückstand zu bestimmen. Eine Trennung mittelst des spec. Gewichtes wollte infolge der

Feinheit des Pulvers nicht gelingen. Daher mußte auf chemischem Wege eine Charakterisierung versucht werden.

Nach dem oben angegebenen Erfolg lag die Trennung mittelst Essigsäure, analog dem Vorgange A. Vesterbergs (10) bei der Bestimmung des überschüssigen Kalkgehaltes in dolomitischen Kalken, nahe. Die Bauschanalysen hatten, wie bei den angewandten Mengen der Ausgangsmaterialien zu erwarten war, etwa äquimolekulare Zusammensetzung des Niederschlages ergeben mit durchschnittlich 56 % $CaCO_3$ und 44 % $MgCO_3$. (Der geringe Überschuß an kohlensaurem Kalk rührt daher, daß die Lösung über dem Bodenkörper bei Beendigung des Versuches nicht etwa äquimolekulare Zusammensetzung hatte, sondern mehr Magnesiumcarbonat gelöst enthielt als Calciumcarbonat; wir werden weiter unten, S. 562, noch einmal hierauf zurückkommen.) Es waren danach nun folgende zwei Möglichkeiten für die mineralogische Zusammensetzung des Niederschlages vorhanden: Entweder das vorhandene Calciumcarbonat lag als Aragonit (vielleicht auch zum Teil als Calcit) neben Magnesit vor, oder neben Aragonit und Magnesit war auch noch Dolomit in dem rhomboëdrischen Niederschlag enthalten. Mit Essigsäure mußte sich das trotz der im Verhältnis zu Calcit etwas langsameren Löslichkeit des Aragonits und der im Verhältnis zu den Rhomboëdern beträchtlichen Größe der vorliegenden Aragonitkrystalle wenigstens qualitativ entscheiden lassen. Nachdem ich mich überzeugt hatte, daß in etwa 20 Minuten beim andauernden Schütteln mit einer hinreichenden Menge kalter 1 %iger Essigsäure aus dem Gemenge bei mikroskopischer Untersuchung alle Aragonitnadeln entfernt schienen, wurde bei sämtlichen in Tabelle IV angegebenen Versuchen diese Trennung durch sogar 30 Minuten lange Behandlung durchgeführt. Es war dabei darauf zu achten, daß für die abgewogenen Mengen des Pulvers stets eine entsprechende und hinreichende Menge von verdünnter Essigsäure verwandt und die Zeitdauer der Einwirkung möglichst vollkommen gleich gehalten wurde. Die Analyse vom gelösten Teil ergab dann stets viel Calcium neben weniger Magnesium und der Rückstand enthielt mehr Magnesium als Calcium. Daraus ließ sich mit Bestimmtheit ableiten, daß in dem Niederschlag ein Gemenge aus Aragonit, Dolomit und Magnesit vorgelegen haben mußte. Das Minimum von Dolomit, das sich bei Umrechnung des im essigsäureunlöslichen Rückstandes gefundenen Calciums auf Dolomit ergab, und das Maximum an Aragonit, das durch Berechnung des gesamten Calciums des essigsäureunlöslichen Teiles erhalten wurde, ist in Tabelle IV für alle Versuche eingetragen. Die angegebenen Zahlen lassen absichtlich ganz außer acht, daß sich sicher auch ein Teil des Dolomits gelöst hat. Die Umrechnung des im essigsäurelöslichen Teile gefundenen Magnesiums auf Dolomit allein würde für diesen zu hohe Zahlen ergeben, da sich ja auch ein Teil des Magnesits

gelöst hat. Für den vorliegenden Zweck mögen also die angegebenen Zahlen genügen.

Daraus läßt sich aber selbst bei der immerhin relativ großen Ungenauigkeit der gefundenen Werte für Dolomit ableiten, daß die Anwendung verschiedener Ammonsalze als Lösungsgenossen sowie ihrer verschiedenen Mengen von wesentlichem Einfluß auf die quantitative mineralogische Zusammensetzung nicht gewesen sein kann.

Auf alle Fälle, und das ist das Wichtigste für diese Untersuchungen, hatten die Versuche im Bodenkörper wenigstens zum Teil rhomboëdrischen Dolomit ergeben, und es mußte nun weiterhin mein Bestreben sein, dies Resultat so zu vervollkommnen, daß man entweder von vornherein reinen Dolomit erhalten oder wenigstens dann durch Trennung darstellen konnte.

Tabelle V.

Temperaturen im Thermostaten { 50⁰ und 60⁰ C.: 2 g Vaterit und 1,68 g $MgCO_3$ in 100 ccm Lösung. 80⁰ » 96⁰ C.: 1 g » » 0,84 g $MgCO_3$ » 50 ccm »
Zeit = 100 (± 2) Stunden. Luftraum ca. 8 ccm.

Nr.	Temperatur	% $MgCO_3$ im Niederschlag	Zusatz	Mineralogisch. Befund	Berechneter Überdruck
7		5,33	1		
8	50⁰	4,05	2	Linck'sches Mischsalz	ca. 1 Atmosphäre
9		4,37	3		
10		7,61	1		
11	60⁰	6,33	2	Linck'sches Mischsalz	ca. 2 Atmosphären
12		6,92	3		
13		19,25	1		
14	80⁰	18,56	2	Linck'sches Mischsalz	ca. 5 Atmosphären
15		18,50	3		
16		$MgCO_3 : CaCO_3$	1		
17	96⁰	= 2 : 1	2	Aragonit, Dolomit und Magnesit	ca. 15 Atmosphären
18		30 % Dolomit	3		

Zunächst sollte darum der Einfluß der Temperatur auf das System Vaterit-Magnesiumbicarbonat untersucht werden. In Tabelle V sind sämtliche zu diesem Zwecke ausgeführten Versuche zusammengestellt. Die als Lösungsgenossen zugesetzten Salze sind bei 1 NH_4Cl = 5,5 g, bei 2 $(NH_4)_2SO_4$ = 6,8 g; bei 3 NH_4Cl = 2,7 g und $(NH_4)_2SO_4$ = 3,4 g, d. h. stets den im Meerwasser enthaltenen Magnesium- und Calciumsalzen einfach äquivalente Mengen. Temperatur, Mengenverhältnisse und Zeitdauer sind in der Tabelle angegeben.

Die mikroskopische Untersuchung ergab bei den Versuchen bei 50°, 60° und 80° einen einheitlichen Bodenkörper von Sphärolithen, die in ihrer Eigenschaft noch vielfach dem angewandten Vaterit gleich waren. Sie hatten graue Polarisationsfarben und schwache Lichtbrechung, teils positive, teils negative Doppelbrechung und färbten sich auch beim Kochen mit Kobaltsolution sofort violett. Dagegen trat häufiger ein zonarer Bau zutage. Die chemische Analyse zeigte darin einen mit steigender Temperatur zunehmenden Magnesiumcarbonatgehalt. Ein Vergleich mit der auf S. 535 angegebenen Charakteristik des Linck'schen Mischsalzes erweist zur Genüge, daß hier durch Einwirkung von Magnesiumcarbonat auf Vaterit das gleiche von G. Linck und K. Schmidt durch directe Fällung erhaltene Mischsalz entstanden war. Bei 96° dagegen bestand der gesamte Niederschlag wieder wie bei den Versuchen zu Tabelle IV aus Rhomboëdern und Aragonitnadeln. Im Filtrat fand sich wieder ein geringer Überschuß von Magnesiumcarbonat, sodaß der Niederschlag nur nahezu die äquimolekulare Zusammensetzung hatte. Durch Trennung mittelst Essigsäure konnte in der oben angegebenen Weise das Minimum für den im Bodenkörper enthaltenen Dolomit zu durchschnittlich 30 % bestimmt werden.

Bei den verschiedenen Temperaturen ist natürlich der Partialdruck der Kohlensäure aus dem Magnesiumbicarbonat ebenfalls verschieden und nimmt mit steigender Temperatur etwa in der Weise zu, wie es die letzte Spalte in Tabelle V angibt. Demnach ist der Magnesiumcarbonatgehalt des Linck'schen Mischsalzes in diesem Falle abhängig und steigt mit der Temperatur und vor allem mit dem Druck. Weiter würde daraus aber indirect folgen, daß das Linck'sche Mischsalz bei erhöhter Temperatur und vor allem aber bei erhöhtem Druck in kohlensäurehaltigem Wasser bei Gegenwart von Ammonsalzen unbeständig ist und in ein Gemenge aus Aragonit, Dolomit und Magnesit übergehen müßte. Weitere Folgerungen müssen wir hier einstweilen noch unterlassen und bis auf den Schluß dieses Teiles aufsparen.

Hatten die geschilderten Versuche auch wieder manch Neues und Interessantes gelehrt, so war mir doch durch sie noch keine Aufklärung darüber gegeben, wie etwa die Bildung eines höheren Prozentsatzes Dolomit im Bodenkörper zu erzielen sei. Herr Professor R. Marc wies mich gelegentlich eines Referates darauf hin, daß das bisher erhaltene Gemenge von Aragonit, Dolomit und Magnesit verschieden begründet sein könnte. Es lassen sich nämlich, da uns sichere Kenntnisse hierüber noch mangeln, für die Beständigkeit dieser drei Carbonate gegen eine äquimolekulare Calcium- und Magnesiumbicarbonatlösung (wenn man einmal das angewandte System Vaterit-Magnesiumbicarbonat so auffassen will) folgende drei Möglichkeiten denken: Wie in Fig. 1 dargestellt, konnte Dolomit vielleicht gegen seine eigene Lösung unbeständig und nur gegen eine an Magnesiumbicarbonat

reichere Lösung beständig sein, dann mußte sich zuerst Aragonit abgeschieden haben, dann Dolomit und dann das nun überschüssige Magnesiumcarbonat als Magnesit. Bestand Fig. 2 zu recht, dann mußte aus der vor-

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

liegenden äquimolekularen Lösung zunächst Magnesit, dann Dolomit und zuletzt Aragonit ausgeschieden worden sein. Lagen aber die Beständigkeitsgebiete so wie in Fig. 3 dargestellt, sodaß Dolomit gegen seine eigene Lösung beständig anzunehmen wäre, dann konnte sich bei einem aus Aragonit, Dolomit und Magnesit zusammengesetzten Bodenkörper augenscheinlich nur das Gleichgewicht noch nicht vollkommen eingestellt haben.

Da bisher vielfach die Ansicht verbreitet war, daß Dolomit sich in Säuren und ebenso in kohlensäurehaltigem Wasser nicht äquimolekular seiner Zusammensetzung auflösen lasse, beschloß ich, wie in Tabelle VI angegeben, Versuche auszuführen, bei denen das molekulare Verhältnis von Calciumcarbonat im Bodenkörper zu Magnesiumcarbonat in der Lösung einmal wie 2 : 1, das andere Mal wie 1 : 2 angewandt wurde. Dadurch mußte in einem der beiden Fälle (falls die Verhältnisse analog Fig. 1 oder Fig. 2 lagen) zum mindesten eine deutliche Vermehrung des Dolomitgehaltes im Bodenkörper eintreten, freilich immer unter der Annahme, daß sich das Gleichgewicht wirklich schon vollkommen eingestellt hatte. Um auch in dieser Hinsicht gleichzeitig Aufklärung zu erhalten, sollten die gleichen Versuche einmal mit der üblichen Zeitdauer, das zweite Mal mit erheblich längerer Dauer ausgeführt werden. Dann durfte sich, wenn sich tatsächlich das Gleichgewicht eingestellt hatte, bei den nur durch die Zeitdauer unterschiedenen Versuchen ein wesentlicher Unterschied im Dolomitgehalt nicht mehr ergeben.

Die in Tabelle VI zusammengestellten Versuche wurden bei Zusatz von einfach äquivalentem NH_4Cl, d. h. 5,5 gr im Liter ausgeführt. Der Dolomitgehalt wurde in der früher angegebenen Weise ermittelt. Aus den angegebenen Zahlen ergibt sich aber, daß ein wesentlicher Unterschied bei gleicher Zeitdauer und verschiedenem molekularen Mengenverhältnis von

Calcium-Magnesiumcarbonat nicht erhalten wurde. Dagegen ist der Gehalt an Dolomit in beiden Fällen infolge der längeren Zeitdauer etwas gestiegen. Am deutlichsten macht sich dieser Unterschied zwischen den Versuchen mit kürzerer und längerer Dauer bei der mikroskopischen Untersuchung bemerkbar. Ganz auffällig findet man da bei Versuch 20 und 22 die Anzahl der Aragonitnadeln gegenüber 19 und 21 zurückgegangen, sodaß bei 22 infolge des von vornherein weniger vorhandenen Calciumcarbonates fast gar kein Aragonit mehr zu sehen ist. Durch verschiedene Anzahl von Kreuzen wurde dieses Resultat unter dem in der Tabelle V angegebenen mikroskopischen Befund mit angeführt.

Tabelle VI.

Temperatur im Thermostaten = 90°. Druck: ca. 15—20 Atmosphären.

Nr.	Mol. Prop. $CaCO_3 : MgCO_3$	Zeitdauer in Stunden	Mikroskopischer Befund	% Dolomit
19	2 : 1	100	Rhomboëder und Nadeln (+++)	22,8
20	2 : 1	350	» » » (++)	26,5
21	1 : 2	100	» » » (++)	20,3
22	1 : 2	350	» » » (+)	26,1

Die eben geschilderten Versuche brachten uns zunächst ein gutes Stück vorwärts. Lehrten sie doch mit großer Wahrscheinlichkeit, daß der Dolomit gegen seine eigene Lösung beständig sei, ja sogar, wie sofort einleuchtet, auch gegen Lösungen, die im molekularen Verhältnis $CaCO_3 : MgCO_3 = 2 : 1$ oder wie 1 : 2 stehen. Das heißt aber, das Existenzgebiet für Dolomit in Fig. 3 wäre noch viel zu klein gezeichnet und müßte mindestens so dargestellt werden, wie in Fig. 4 geschehen.

Fig. 4.

Als weiteres und wichtigstes Resultat für den Fortgang meiner Untersuchungen konnte ich aber aus den Versuchen zu Tabelle VI mit Sicherheit schließen, daß das Gleichgewicht bei allen früheren Versuchen noch nicht eingestellt gewesen war. Es stand also zu hoffen, daß man durch geduldiges Auslaufenlassen dieses Zeitphänomens dem Ziele beträchtlich näher kommen würde. Natürlich konnte ich nun auch wieder mit äquimolekularem Verhältnis der Ausgangsmaterialien

arbeiten. Außerdem brachte ich mir eine früher gemachte Erfahrung in Erinnerung, wonach bei Anwesenheit von Kochsalz als Lösungsgenossen bedeutend weniger Nadeln in dem Bodenkörper beobachtet wurden, wie ja nun bei der bekannten Eigenschaft des *NaCl*, die Löslichkeit des Calciumcorbonats in kohlensäurehaltigem Wasser stark zu erhöhen, sofort leicht erklärlich ist. So hoffte ich denn durch Anwendung von Kochsalz als Lösungsgenossen bei möglichst langer Dauer der Versuche bald günstigere Resultate erhalten zu können.

Zuvor aber mußte ich die schon längst eine weitergehende Ausnutzung der gefundenen Tatsachen außerordentlich hindernde ungenaue Bestimmung des Dolomitgehaltes, wie es die Feststellung des Minimums mittelst Essigsäure sein mußte, durch irgend eine andere Trennungsmethode zu ersetzen bestrebt sein.

Von den bekannten Mitteln zur Untersuchung und Trennung kamen specifisches Gewicht und Lemberg'sche Lösung wegen der Feinheit des Pulvers, wie schon oben einmal erwähnt, nicht in Betracht. Eine von Herrn K. Grünberg (12) inzwischen ausgebaute Methode, die darauf beruht, daß Calcit, Dolomit und Magnesit die Kohlensäure bei ganz verschiedenen Temperaturen vollkommen abgeben, konnte im fraglichen Moment noch nicht angewandt werden. Es blieb also nur noch übrig, mit den erheblich langsamer als Säuren mit den Carbonaten der alkalischen Erden reagierenden Schwermetallösungen einen Versuch zu machen. Schon J. Lemberg (7) hat Eisenchlorid zur qualitativen Unterscheidung von Dolomit und Kalkspat, Fr. Hinden (13) dasselbe zur annähernd quantitativen Bestimmung des Überschusses an Calciumcarbonat in dolomitischen Kalken benutzt. Ebenso gibt Fr. Hinden an, daß Kupfersulfat sich zur qualitativen Unterscheidung von Dolomit und Kalkspat eignet. Die beiden letzten von Hinden angegebenen Reactionen sind mit dem Unterschied, daß an Stelle von Kupfersulfat Kupfernitrat verwandt wurde, auf ihre Brauchbarkeit zur quantitativen Trennung von Dolomit und Kalkspat durch O. Mahler (14) eingehend untersucht worden. Aus dem Studium dieser Arbeit heraus gelang es mir, eine zur Untersuchung der bei meinen Versuchen erhaltenen Bodenkörper und wahrscheinlich auch für manche andere Zwecke brauchbare Methode zur genaueren Bestimmung des Dolomitgehaltes mittelst Kupfernitrat zu gewinnen. Es sollen daher die nächsten Seiten der

Trennungsmethode mittelst Kupfernitrat

gewidmet werden.

Zunächst hatte O. Mahler (14) gefunden, daß der Unterschied der Umsetzungsgeschwindigkeit von Kalkspat und Dolomit mit Eisenchlorid nicht groß genug war, um darauf eine Trennungsmethode zu gründen. Dagegen fand er die Einwirkungsgeschwindigkeit von Kupfernitrat

auf diese Carbonate so sehr verschieden, daß man diese Umfällung zur Trennung verwenden kann, natürlich erst recht auch, um Magnesit und Kalkspat oder Magnesit, Dolomit und Kalkspat zu trennen. Bei mehrstündigem Schütteln von feingepulvertem natürlichen Calcit oder auch Aragonit mit $\frac{1}{3}$ normaler Kupfernitratlösung fand er durchschnittlich 98 %, jedenfalls nie unter 95 %, oft aber 100 % $CaCO_3$ gelöst. Bei gleicher Behandlung von Gemengen aus natürlichem Kalkspat und Magnesit war der letztere stets vollkommen ungelöst geblieben. Von Dolomit fand er durchschnittlich 10—15 % gelöst. Weiterhin konnte Mahler feststellen, daß reine Dolomite bei der Behandlung mit Kupfernitrat ihre Zusammensetzung nicht ändern, d. h. sich proportional ihrer Zusammensetzung äquimolekular umsetzen.

Aus den Angaben von Mahler ließ sich jedenfalls ohne weiteres die Brauchbarkeit von Kupfernitrat zur Trennung auch für meine Zwecke erwarten. Wenn wirklich praktisch aller Calcit oder Aragonit gelöst wurde und praktisch aller Magnesit ungelöst im Rückstand verblieb, dann ließ sich der Gehalt an Magnesium im Filtrat und der an Calcium im Rückstand auf Dolomit umrechnen und so der bei meinen Versuchen erhaltene gemengte Bodenkörper praktisch recht genau charakterisieren. Zur Kontrolle der Mahler'schen Angaben wurden zunächst reiner künstlich dargestellter Calcit und Vaterit, dann auch reiner künstlich dargestellter Magnesit auf ihre Umsetzungsgeschwindigkeit mit Kupfernitratlösung untersucht. Nebenbei sei hier erwähnt, daß der Calcit von mir durch mehrtägiges Erwärmen von Vaterit mit gewöhnlichem käuflichen Selterswasser in geschlossenen Röhren bei 90° C. im Thermostat dargestellt wurde. Seine mikroskopische und chemische Prüfung ergab vollkommen reinen Calcit von ca. 30 μ Rhomboëderkantenlänge. Der verwandte Magnesit war von Herrn Professor R. Marc durch Erhitzen von gefälltem Magnesiumcarbonat auf 180° unter ca. 30 Atmosphären Druck (davon 8—10 Atmosphären Partialdruck von Kohlensäure) in einer Autoclave hergestellt und mir freundlichst überlassen worden. Da er unter dem Mikroskop außer etwa 30—50 μ großen Rhomboëdern noch etwas $MgCO_3 . 3H_2O$ zu enthalten schien, wurde er zunächst durch $\frac{1}{2}$ stündiges Schütteln mit kalter 2 %iger Essigsäure gereinigt.

Die Umsetzungsversuche selbst wurden durch 6stündiges maschinelles Umrühren von ca. 1 g Substanz mit 350 ccm einer ca. $\frac{1}{4}$ normalen Kupfernitratlösung vorgenommen. Für Calcit fand ich nach 6 Stunden 98,84 %, für Vaterit 99,56 %, für reinen Magnesit dagegen nur 0,84 % umgesetzt. Die weiteren Versuche zur Charakterisierung des von mir erhaltenen Gemenges konnten also tatsächlich unter Annahme praktisch vollkommener Löslichkeit irgend welcher Calciumcarbonate und praktisch vollkommener Unangreifbarkeit des Magnesits ausgeführt werden.

Es muß an dieser Stelle noch nachdrücklichst darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Umsetzungsgeschwindigkeiten für andere Concentrationen der Kupfernitratlösungen sich wesentlich ändern. So werden z. B. bei Einwirkung von ca. $\frac{1}{10}$ normaler Lösung auf Calcit in der gleichen Zeit von 6 Stunden nur ca. 60 % umgefällt. Auch von der durchschnittlichen Feinheit des Pulvers wird die Geschwindigkeit der Reaction naturgemäß beeinflußt, sodaß es ratsam erscheint, bei Anwendung anderer Concentrationen oder Zeiten die notwendigen Kontrollversuche einmal auszuführen. Auch scheint bei Anwendung der Methode auf Gemenge von natürlichen Substanzen durch innige Verwachsung der einzelnen Componenten öfter eine Schwierigkeit aufzutreten, die unbedingt beachtet werden muß.

Die Methode von Mahler war aber noch mit einem fühlbaren Mangel behaftet. Wollte man eine Kontrolle über die Richtigkeit der ausgeführten Analysen erhalten, so hätte die, wie Mahler selbst einsieht, durch die notwendige Abscheidung des Kupfers »immerhin recht umständliche Analyse« vom gesamten Filtrat und Bodenkörper ausgeführt werden müssen. Mahler selbst hatte schon versucht, einen etwaigen Zusammenhang zwischen den Mengen der alkalischen Erden und denen des ausgefällten Kupfers zu finden. Er erhielt aber (Methode der Kupferbestimmung ist nicht angegeben) stets etwa ein Drittel zuviel Kupfer im Bodenkörper. Trotz dieser Beobachtung sind aber etwaige Vermutungen über die Art des Fällungsproductes nicht ausgesprochen. Ich habe daraufhin selbst bei etwa 10 Umfällungen zur Charakterisierung der weiter unten noch zu schildernden Versuchsresultate die Kupferbestimmung auf elektrolytischem Wege in der verwendeten Lösung vorgenommen und aus der vorher genau bestimmten Menge der verwendeten Kupfernitratlösung die Menge des Kupfers im Niederschlag berechnet. Das Ergebnis war, daß das ausgefällte Kupfer zu den Mengen der gelösten alkalischen Erden in molekularem Verhältnis etwa wie 4 : 3 stand, genau so wie es Mahler angibt. Aber ebenso, wie es sich bei der Umrechnung der von Mahler erhaltenen Werte ergibt, schwankt das Molekularverhältnis, ohne dabei etwa irgend welchen gesetzmäßigen Zusammenhang mit dem Verhältnis von gelöstem *Ca* zu gelöstem *Mg* zu haben, zwischen den Werten 4 : 3 und 3 : 3. Die genauen Zahlen sind weiter unten in Tabelle VII, 5. Spalte, für einige Beispiele mit angegeben. — Eine Kontrolle der Analyse durch eine einfache Kupferbestimmung in der Lösung, wie sie von Mahler beabsichtigt worden war, war also tatsächlich aussichtslos.

Dagegen ergab die optische und chemische Untersuchung des erhaltenen Fällungsproductes weitere Anhaltspunkte, die sich zur rationelleren Ausnutzung der Kupfernitratumfällung als außerordentlich wertvoll erwiesen. Das hellgrün gefärbte Niederschlagsproduct zeigte sich bei der Anwendung von rhomboëdrischen Bodenkörpern als aus dünnen tafelförmigen, scheinbar rhombischen Krystallen bis zu 50—60 μ Größe bestehend. Daneben fanden

sich, meist weniger häufig, dunkelgrau erscheinende, trübe, scheinbar aus feinen Nadeln zusammengesetzte Putzen und Flecken, die auch mikroskopisch in dem getrockneten Pulver durch ihre blaugraue Färbung aus der übrigen grüngefärbten Masse hervortraten. Bei Anwendung von Vaterit bestand der oben erwähnte grüne Niederschlag zum größten Teile nicht aus Blättchen, die von deutlichen Krystallformen begrenzt waren, sondern aus stark gerundeten, vielfach die Form von Sphärolithen äußerlich nachahmenden blättrigen Gebilden. Der blaugraue Niederschlag war ebenso vorhanden. — Zu erwähnen ist außerdem, daß das Fällungsproduct stets sehr stark die Salpetersäurereaction ergab und in Wasser sich als vollkommen unlöslich erwies.

Aus allen diesen Tatsachen ließ sich mit Hilfe der Literatur feststellen, daß das Niederschlagsproduct nichts anderes sein konnte als das, was in ganz analoger Weise schon L. Michel (15) aus Kupfernitrat und isländischem Doppelspat durch mehrtägige Einwirkung bei gewöhnlichem Druck und bei Zimmertemperatur erhalten hatte, nämlich: Basisches Kupfernitrat, $Cu(NO_3)_2 . 3\,Cu(OH)_2$ (das ist künstlicher Gerhardtit), neben basischem Kupfercarbonat $(CO_3)_2 Cu . (Cu . OH)_2$ (das ist künstliche Kupferlasur). Daraus erklärt sich auch sofort das Molekularverhältnis von Kupfer im Bodenkörper zu Calcium und Magnesium in der Lösung als zwischen 3 : 3 (bei Fällung von Kupferlasur) und 4 : 3 (bei Fällung von Gerhardtit) liegend. Daß nicht ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen diesen beiden eingehalten wird, scheint mir in der von der auftretenden freien Kohlensäure abhängigen Bildung von Azurit begründet zu sein. Denn es wird das Gleichgewicht, das zu seiner Entstehung führt, von sogenannten Zufälligkeiten wie Temperatur und Druck in hohem Maße abhängen.

Die oben erwähnten Blättchen konnten danach als künstlicher Gerhardtit, die grauen Putzen als Kupferlasur angesprochen werden. Durch Vergleich mit den von H. L. Wells und L. S. Penfield (16) angegebenen Messungen an ebenfalls künstlich dargestellten Krystallen ließen sich die Blättchen als monoklin bestimmen, bei tafelförmiger Ausbildung nach der Basis $c(001)$, begrenzt von den Prismen $m(110)$ und dem Orthopinakoid $a(100)$, mit den durch Messung unter dem Mikroskop durchschnittlich gefundenen Winkeln $m : m = 85^0$ und $a : m = 42^0$. In der Richtung der b-Achse, d. h. der langen Diagonale der Blättchen, lag der größere Brechungsexponent. Die Doppelbrechung war verhältnismäßig schwach, die Lichtbrechung verhältnismäßig stark. Pleochroismus konnte infolge der außerordentlichen Dünne der Blättchen nicht beobachtet werden.

Nach dieser genauen Kenntnis der Fällungsproducte war es leicht, sie mit Hilfe von Lösungsmitteln aus dem Gesamtrückstand zu entfernen, ohne dabei die nicht umgefällten Carbonate mit aufzulösen. Das basische Kupfernitrat konnte ich durch Kochen mit verdünntem Ammoniak leicht in Lösung bringen. Dabei blieb aber ein schwarzer Rückstand noch ungelöst, der

nur aus dem basischen Kupfercarbonat stammen konnte. Für das letztere gibt Dammer, Handbuch der anorganischen Chemie 1894, II, 2, S. 731 an: »Verwandelt sich beim Kochen in H_2O unter Verlust von CO_2 in $3\,CuO.H_2O$ (Rose); löslich in heißer concentrierter Lösung von $NaHCO_3$; auch löslich in K_2CO_3-Lösung«. Ich selbst fand, daß bei Zusatz von etwas NH_4Cl beim Auskochen mit Ammoniak ebenfalls das gesamte basische Carbonat aufgelöst wurde, und zwar erheblich leichter als durch $NaHCO_3$ oder K_2CO_3. Das gleiche Verhalten gegen diese Lösungsmittel und gegen Ammoniak und Ammonchlorid zeigt bekanntlich auch natürlicher Azurit. Die Wirkung des $NH_4(OH)+NH_4Cl$ erklärt sich wahrscheinlich in der Bildung von complexen Salzen mit dem oben erwähnten beim Kochen entstandenen $2\,CuO.H_2O$.

Jedenfalls läßt sich also, um es kurz zusammenzufassen, nach der Umfällung mit Kupfernitrat der Rückstand quantitativ vom ausgefällten Kupfer befreien, ohne daß es nötig wäre, ihn vollkommen zu lösen oder auch nur teilweise anzugreifen. Der große Vorteil gegenüber dem früheren Verfahren liegt wohl auf der Hand und sichert dieser Trennungsmethode eine Anwendbarkeit sowohl für künstliche als auch für die meisten natürlichen Substanzen. Um natürliche Carbonate qualitativ zu trennen, ist die Methode inzwischen von Herrn K. Grünberg bereits benutzt und ihre Brauchbarkeit aufs vollkommenste bestätigt worden. Im Einzelnen muß ich auf seine hierauf bezüglichen Ausführungen verweisen. Herr Grünberg kann in seiner Arbeit auch die genügende Übereinstimmung der Werte für den Dolomitgehalt in von mir hergestellten Substanzen angeben, die einmal mittelst Kupfernitrat, das andere Mal durch die von ihm angewandte Dissociationsmethode bestimmt worden waren.

Im Anschluß hieran soll auch mitgeteilt werden, daß sich die außerordentlich verschiedenen Umfällungsgeschwindigkeiten von Calcit, Dolomit und Magnesit mit Kupfernitrat auch zur sofortigen qualitativen Unterscheidung dieser drei Mineralien eignen, ähnlich wie es von Fr. Hinden (13) für $CuSO_4$ angegeben wird. Von Vorteil ist jedoch, daß man hier im allgemeinen keine besondere Rücksicht auf Mengenverhältnisse der Lösung und der Mineralien und ihre Korngröße zu nehmen braucht, dazu tritt der Unterschied beim Kochen in der verschiedenen Färbung des Mineralpulvers sofort hervor, ohne daß man erst zu filtrieren und mit Ammoniak auf Kupfer zu prüfen braucht. Kocht man also Calcit, Dolomit und Magnesit mit verdünntem Kupfernitrat (etwa 25 g $CuNO_3.3H_2O$ im Liter), dann färbt sich das Calcitpulver in der Regel schon nach einmaligem Aufkochen und Absitzenlassen bei starker Kohlensäureentwicklung durch basisches Kupfernitrat stark grün. Bei Dolomit tritt eine schwach weißgrünliche Färbung erst nach längerem Kochen ein. Magnesit färbt sich erst nach mindestens viertelstündigem Kochen sehr schwach grünlich. Die Bildung von künstlichem Azurit konnte ich bei der Umfällung durch Kochen, wie

leicht erklärlich ist, nicht beobachten. Diese Reaction ist demnach zur schnellen qualitativen Unterscheidung von künstlichen und nicht zu stark eisenhaltigen natürlichen Substanzen als brauchbar zu bezeichnen. Gemenge von Dolomit und Calcit sind damit schwer als solche zu erkennen, dagegen leichter Gemenge von Calcit und Magnesit an der plötzlich auftretenden, aber nur teilweisen Färbung. Aragonit, Vaterit und wasserhaltiges Magnesiumcarbonat wirken natürlich wie Calcit.

Auch für die Erkennung von Calcit, Dolomit und Magnesit in Dünnschliffen, sowohl einzeln, besonders aber auch bei Nebeneinandervorkommen, wurde die Umfällung mit Kupfernitrat ausprobiert und als sehr brauchbar gefunden. Herr Grünberg hatte mir dazu freundlichst Schliffe zur Verfügung gestellt. Stellt man die zu untersuchenden Präparate, natürlich nach Befreiung von Deckgläschen und Kanadabalsam, in eine bis zum Kochen erhitzte verdünnte Lösung von Kupfernitrat (Concentration etwa wie oben angegeben) und läßt sie darin etwa 5—10 Minuten stehen, so wird Calcit in auffallendem Lichte deutlich grün erscheinen, während Dolomit fast keine Färbung erkennen läßt. Am deutlichsten tritt der Unterschied natürlich bei Nebeneinandervorkommen in ein und demselben Schliff hervor. In allen Fällen läßt sich außerdem aber die Anfärbung und ihre verschiedene Stärke durch Wässern der Schliffe nach der Umfällung und durch etwa $\frac{1}{4}$ stündiges Baden in $\frac{1}{2}$ verdünnter Ferrocyankaliumlösung auch für durchfallendes Licht infolge des gefällten Ferrocyankupfers so deutlich sichtbar machen, daß man die Unterscheidung von Dolomit und Calcit, natürlich auch nötigenfalls Magnesit, leicht objectiv im durchfallenden Lichte zeigen kann. Die angegebene Methode unterscheidet sich von der in analogem Sinne von Lemberg mit Aluminiumchlorid und Blauholzextract eingeführten Reaction dadurch, daß die Fällungsproducte stets fein krystallinisch sind und gut anhaften. Dadurch ist es einerseits möglich, das untersuchte Präparat gut auszuwaschen, ohne die gefärbten Teile zu zerstören, und andererseits läßt sich die Reaction mit derselben Genauigkeit auch bei sehr feinkörnigen Gesteinen anwenden.

Etwas störend könnten höchstens eisenhaltige Zersetzungsproducte der betreffenden Mineralien sein, doch habe ich bisher noch nichts dergleichen bemerken können.

Kehren wir nach dieser notwendigen Abschweifung zu unserer eigentlichen Untersuchung zurück. Wir hatten uns viel von der Ausführung länger dauernder Versuche mit Vaterit und Magnesiumcarbonat in geschlossenen Röhren versprochen. Die weiterhin in Tabelle VII zusammengestellten Versuche wurden mit einer Dauer von 50—1300 Stunden bei Zusatz von 1) 110 g *NaCl* (11) oder 2) der dem letzteren im Verhältnis der im Meerwasser enthaltenen Calcium- und Magnesiumsalze proportionalen Menge von

Tabelle VII.

Versuchs-		Auf 100 berechnete Bauschanalyse		Kupfernitrattrennung				Daraus berechnen sich			Dolomit in Prozenten vom Maximum
Nr.	Dauer in Stunden	$CaCO_3$	Dolomit-maximum	Gefälltes Cu zu gelöst. $(Ca+Mg)$	Angew. Substanz in g	Im Filtrat in g $CaCO_3$	Im Filtrat in g $MgCO_3$	Calcit bezgl. Aragonit	Dolomit	Magnesit	
Versuche mit $NaCl$ als Lösungsgenossen. Angewandte Mengen: 1,35 g Vaterit und 1,158 g $MgCO_3$ in 50 ccm.											
23	50	58,12	91,59	3,984 : 3	0,6920	0,3355	0,0629	37,70	37,63	24,67	41,09
24	500	56,73	94,63	3,573 : 3	0,4698	0,0901	0,0311	11,32	83,67	5,01	88,42
25	1150	54,53	99,45	3,558 : 3	0,6570	0,0869	0,0629	1,87	97,02	1,11	97,56
Versuche mit NH_4Cl als Lösungsgenossen. Angewandte Mengen: 1,25 g Vaterit und 1,073 g $MgCO_3$ in 50 ccm.											
26	100	64,83[1]	76,92[1]	—	0,9050	0,5095	0,1049	42,54	41,07	16,39	53,39
27	250	55,90	96,45	3,696 : 3	0,8282	0,2894	0,0894	22,13	62,22	15,65	64,51
28	500	54,93	98,57	3,978 : 3	0,9230	0,3096	0,1610	12,84	77,55	9,61	78,68
29	1300	55,46	97,40	—	I. 0,5470 II. 0,7260	0,0821 0,0580	0,0565 0,0333	2,74 2,55	97,09 97,45	0,17 —	99,62 100,00
Versuch mit Zusatz von $NaCl + NH_4Cl$ als Lösungsgenossen. Angewandte Mengen: 1,20 g Vaterit und 1,02 g $MgCO_3$ in 50 ccm.											
29a	1300	57,03	93,98	—	0,7315	0,0874	0,0375	5,87	94,00	0,13	100,00
Versuch ohne Zusatz von Lösungsgenossen. Angewandte Mengen: 1,04 g Vaterit und 0,879 g $MgCO_3$ in 50 ccm.											
30	500	55,80	96,66	—	0,6100	0,2115	0,0485	25,23	56,33	18,44	58,28

1) Beim Einfüllen in das Rohr wurde wohl versehentlich zuviel Vaterit verwendet.

NH_4Cl, d. h. 22 g im Liter, oder 3) von beiden zusammen oder 4) ganz ohne Zusatz von Lösungsgenossen ausgeführt. Die Magnesiumcarbonatlösungen wurden so concentriert als möglich und nicht wie früher etwas verdünnt angewandt; außerdem wurde bei den Versuchen mit Lösungsgenossen von vornherein ein geringer Überschuß von Magnesiumcarbonat verwendet, da dieses erfahrungsgemäß mehr gelöst blieb als Calciumcarbonat. Bei Zusatz von $NaCl$ oder $NaCl + NH_4Cl$ waren schon nach 50 Stunden keine Aragonitnadeln mehr unter dem Mikroskop zu beobachten, während sie bei Zusatz von NH_4Cl allein nach 50 Stunden noch vorhanden waren; nach 100 Stunden waren jedoch auch hier alle Nadeln verschwunden. Ohne Lösungsgenossen war selbst bei 500stündiger Dauer noch Aragonit zu erkennen.

Tabelle VIIa.

Versuchs-Nr.	$CaCO_3$		$MgCO_3$	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
28	43,90	43,63	56,10	56,37
29, I	53,91	54,10	46,03	45,90
29, I	Im Rückstand gefunden $CaCO_3 : MgCO_3 = 1 : 1{,}007$.			

Von den meisten Substanzen der vier erwähnten Versuchsreihen wurde dann mit Hilfe der geschilderten Kupfernitratmethode die Trennung durchgeführt. Aus den Angaben der Bauschanalysen ließ sich von vornherein das mögliche Maximum von Dolomit berechnen; es wurde dabei bei allen Versuchen ein ursprünglicher Überschuß von Calciumcarbonat gefunden; wodurch dieser begründet ist, ist schon mehrfach erwähnt worden (vergl. S. 541). Das im Filtrat nach der Trennung mit Kupfernitrat bestimmte Magnesium wurde dann vollkommen auf Dolomit umgerechnet, da Magnesit ja praktisch ungelöst bleiben sollte. Nach Abzug des demgemäß auf Dolomit zu verrechnenden Teiles von dem überhaupt im Filtrat gefundenen Calcium mußte der Rest als Calcit oder Aragonit vorgelegen haben. Zieht man dann von diesem Werte den aus der Bauschanalyse sich von vornherein ergebenden Überschuß an Calciumcarbonat ab, dann erhält man die Menge von $CaCO_3$, die noch als Dolomit hätte gebunden werden können; äquivalent dieser muß auch die Menge des noch vorhandenen Magnesits berechnet werden. In der letzten Spalte von Tabelle VII ist dann, um Vergleichswerte zu erhalten, der Dolomitgehalt in Prozenten vom überhaupt möglichen Maximum an Dolomit ausgedrückt. Zur Beurteilung der Fehlergrenze der angegebenen Analysen sind die Resultate zweier Controllanalysen in Tabelle VIIa zusammengestellt. Dort sind die nach Trennung der bei der Umfällung entstehenden Kupferverbindungen (vergl. S. 548ff.) von dem

nicht angegriffenen Rückstande für diesen gefundenen und außerdem aus angewandter Substanz, Bauschanalyse und Filtrat von der Kupfernitrattrennung berechneten Werte angegeben.

Tabelle VIII.

Druck: ca. 20 Atmosphären. Temperatur = 90° C (Thermostat).

Zeit in Stunden	Mit Lösungsgenossen				Ohne Lösungsgenossen	
	$NaCl$		NH_4Cl			
	Nr.	% Dolomit	Nr.	% Dolomit	Nr.	% Dolomit
50	23	41,09	—	—	—	—
100	—	—	26	53,39	—	—
250	—	—	27	64,51	—	—
500	24	88,42	25	78,68	30	58,28
1150	25	97,56	—	—	—	—
1300	—	—	29	100,00	—	—

Die praktisch gefundenen Werte für Dolomit in Prozenten vom Maximum sind nochmals zur Übersicht in Tabelle VIII eingetragen. Es ist daraus direkt zu entnehmen, daß mit der Zeitdauer der Versuche der Dolomitgehalt bis zum überhaupt möglichen Maximum zunimmt und zwar schneller bei Gegenwart von $NaCl$, langsamer bei NH_4Cl als Lösungsgenossen. Noch langsamer verläuft die Bildung von Dolomit bei Abwesenheit von Lösungsgenossen. Aus den weiter oben angegebenen Zahlen ist auch ersichtlich, daß, obwohl optisch kein Aragonit mehr in dem Gemenge zu erkennen war, die Trennung doch noch einen Überschuß an Calciumcarbonat ergab. Durch Kochen mit Cobaltsolution konnte keine Violettfärbung erzielt und etwa gefälltes basisches Cobaltcarbonat auch nicht mit Schwefelammon sichtbar gemacht werden. Dagegen blieb in einer Lösung vom specifischen Gewicht 2,76, in der bei Anwesenheit von Aragonit alle Gemengteile des zu untersuchenden Bodenkörpers ohne weiteres gesunken waren, von den Niederschlägen aus den Versuchen 23 und 27 z. B. ein Teil schwimmend. Dies deutet alles darauf hin, daß sich der Aragonit zum Teil wenigstens in Calcit umgewandelt hat. Daß dies aber nicht durch eine einfache Umlagerung sondern nur durch Lösung und Wiederabscheidung erfolgt sein kann, das zeigen am besten die aus den nebenstehenden Fig. 5 und 6 ersichtlichen Auflösungserscheinungen am Aragonit. Fig. 6 stellt dabei eine Nadel dar, wie sie bei kürzer dauernden Versuchen ausgebildet zu sein pflegten. In Fig. 5 sieht man ein Aragonitkryställchen, wie sie bei Versuch 30 z. B. fast durchweg beobachtet werden konnten. Die Flächen am Ende der Längsaxe (wahrscheinlich c-Axe) des Krystalles sind sicher Lösungsflächen, wie sich auch ähnliche in der Mitte des Krystalles von den Seiten her zu bilden gesucht haben.

Der ganze Vorgang, der aus dem Ausgangsmaterial Vaterit und Magnesiumbicarbonat durch die Zwischenstufen Aragonit-Dolomit-Magnesit und Calcit-Dolomit-Magnesit endlich zur Bildung von reinem oder nahezu reinem Dolomit führte, läßt sich nach meiner Auffassung folgendermaßen erläutern. Unter dem Einfluß der Lösungsgenossen und des Kohlensäuredruckes ist der Vaterit bestrebt sich aufzulösen und bildet eine übersättigte Lösung. Daraus fällt dann Dolomit aus, so weit es die unter Druck zumal bei Anwesenheit von Lösungsgenossen erfahrungsgemäß sehr langsam erfolgende Abscheidung des Magnesiumcarbonates zuläßt. Da die Bildungsgeschwindigkeit des Dolomits infolgedessen aber hinter der Auflösungsgeschwindigkeit des Vaterits zurückbleibt, scheidet sich aus der übersättigten Lösung von Calciumcarbonat durch Zusammenwirken von hoher Temperatur, Anwesenheit von Magnesiumsalzen und schneller Entspannung bekanntlich begünstigt, die nächstliegende Phase, also Aragonit, ab. Bleibt nun die Auflösungsgeschwindigkeit dieser Phase hinter der Abscheidungsgeschwindigkeit des

Fig. 5.

Fig. 6.

Magnesiumcarbonates zurück, so muß sich dieses als Magnesit abscheiden. Wir erhalten also zeitweise den Bodenkörper Aragonit-Dolomit-Magnesit. Die Auflösungsgeschwindigkeit des Aragonits mag nun aber wieder ein wenig größer sein als die des Magnesits, dann muß sich durch die Lösung weiter Dolomit neben Calcit abscheiden, sodaß wir weiterhin den Bodenkörper Calcit-Dolomit-Magnesit erhalten. Calcit und Magnesit gehen dann bis zur Aufzehrung des in geringerer Menge vorhandenen Carbonates in Dolomit über, ein Überschuß von Calciumcarbonat bleibt als Calcit, ein Überschuß von Magnesiumcarbonat als Magnesit im Niederschlag beständig. Ob im Einzelnen der Vorgang sich wirklich analog diesem Erklärungsversuch verhalten haben mag, kann vorläufig nicht entschieden werden. Jedoch sprechen die weiterhin noch mitzuteilenden Ergebnisse nicht dagegen, so unter anderem das Resultat, das sich aus dem beigegebenen Diagramm Fig. 7 ablesen läßt. In der Abszisse ist die Zeitdauer der Versuche 23—29 Tabelle VIII, in der Ordinate der Dolomitgehalt der Bodenkörper in Prozenten vom Dolomitmaximum aufgetragen. Aus der Kurve für $NaCl$-Zusatz

sowohl, wie aus der für NH_4Cl-Zusatz läßt sich leicht erkennen, daß die Dolomitbildung anfangs, also etwa so lange als noch Vaterit sich umwandeln kann, sehr rasch, dann aber, nachdem sie von den Lösungsverhältnissen von Aragonit, Magnesit und Calcit abhängig geworden ist, nur noch allmählich erfolgt[1]). So wird uns auch klar, warum gerade diese von G. Linck angeregten Versuche mit Vaterit als Bodenkörper gegenüber früheren Experimenten zur Darstellung von Dolomit ein so besonders glückliches Ergebnis haben mußten.

Fig. 7.

Jedenfalls aber ziehe ich aus den Ergebnissen meiner Versuche den Schluß: Es bildet sich unter dem verhältnismäßig geringen Druck von etwa 20 Atmosphären bei Anwesenheit von Lösungsgenossen als gegen gemischte Bicarbonatlösungen des Calciums und Magnesiums stabilstes Product so viel Dolomit, als es die Zusammensetzung der Lösung und die Art der Lösungsgenossen überhaupt zulassen. Calcit und Magnesit, überhaupt irgend welche Calcium- oder Magnesiumcarbonate sind unter den gleichen Verhältnissen nebeneinander nicht eher beständig, als bis sich das Maximum von Dolomit neben Calcit oder Magnesit gebildet hat. Dabei ist aber als sehr wesentlich zu beachten, daß die Geschwindigkeit der Reaction in höchstem Maße abhängig ist von der Löslichkeit der Carbonate, also von den vorliegenden Modificationen im Bodenkörper, d. h. die Bildung des Dolomits ist in den meisten Fällen wesentlich ein Zeitphänomen. Nicht außer acht lassen dürfen wir aber auch als zur Bildung des Dolomits im vorliegenden Falle wenigstens unbedingt nötig den erhöhten Druck. Doch sollen darüber späterhin noch einige Worte gesagt werden.

---

1) Aus den wenigen bestimmten Punkten ließ sich natürlich nicht entscheiden, ob die Kurven continuierlich (wie für $NaCl$-Zusatz gezeichnet) oder mit deutlichen Knickpunkten (wie für NH_4Cl-Zusatz gezeichnet) verlaufen. Das letztere würde die oben gegebenen theoretischen Betrachtungen bestätigen. Doch müßten hierzu genauere und zahlreichere Bestimmungen vorgenommen werden.

Im Nachfolgenden werden nun noch Versuche und ihre Ergebnisse geschildert, die als Folgerungen der eben wiedergegebenen Hypothese der Entstehung unseres Dolomits ausgeführt wurden. Sie bestätigen, wie wir sehen werden, in allen Teilen die theoretischen Ausführungen.

Zunächst wäre ein schlagender Beweis für die Richtigkeit des oben Gesagten dadurch zu erhalten, daß es gelänge aus Magnesit und Calcit direkt, unter analogen Verhältnissen wie bei den letzten Versuchen, Dolomit darzustellen. Unter vollkommen gleichen Verhältnissen schien mir von vornherein schon wegen der zu erwartenden langen Dauer der Reaction ein Versuch recht aussichtslos. Nachdem es aber durch Temperatur- und Druckerhöhung gelungen war, die Bildungsgeschwindigkeit von Dolomit aus Vaterit und Magnesiumbicarbonat stark zu beschleunigen (vergl. weiter unten S. 559) habe ich kurz vor Abschluß der vorliegenden Arbeit in derselben Weise auch versucht aus Magnesit und Calcit Dolomit zu erhalten. Ein Gemenge von ca. 7 g Calcit mit ca. 4 g Magnesit (beide künstlich dargestellt wie S. 547 angegeben) wurde fein gepulvert und mit 200 ccm Wasser und 22 g $NaCl$ bei 50 Atmosphären Kohlensäuredruck in einer Autoclave 5 Tage lang auf 200° erhitzt. Der Niederschlag zeigte nach Beendigung des Versuchs unter dem Mikroskop außer der Größenzunahme der Rhomboëder keinerlei Veränderung. Eine mit Kupfernitrat vorgenommene Trennung ergab nur etwa 25 % Dolomit neben 50 % Calcit und 25 % Magnesit. Aus diesem Resultate läßt sich entnehmen, daß die angegebenen Bedingungen jedenfalls nicht so gewählt waren, daß eine möglichst große Erhöhung der Löslichkeit von Calcit und Magnesit gleichzeitig eintreten mußte, denn nur dann hätte sich eine relativ große Geschwindigkeit für die Dolomitbildung erwarten lassen. Bei mehreren unter etwas geänderten Bedingungen ausgeführten Versuchen zeigten sich auch keine günstigeren Ergebnisse, sodaß ich mich mit dem angegebenen Resultate begnügen mußte.

Weiter hatten wir oben aber auch gesagt, daß sich aus gemischten Calcium-Magnesiumbicarbonatlösungen, soweit als überhaupt möglich, Dolomit abscheiden müsse. H. Leitmeier (17) und E. v. Gorup-Besanez (18) haben versucht, durch Verdunstenlassen bei Temperaturen von 0—100° (also bei Normaldruck) aus mit Kohlensäure gesättigten Lösungen von Calcium- und Magnesiumcarbonat Dolomit zu erhalten. Leitmeier erhielt aber immer nur Calcit oder Aragonit neben sich später abscheidendem $MgCO_3 . 3H_2O$. Das gleiche Resultat erhielt er aus einer Lösung des sehr reinen Dolomits von Veitsch in Steiermark.

Vergleichen wir damit meine Resultate, die durch Erhitzen von gemischten Calcium-Magnesiumbicarbonatlösungen bei Gegenwart von $NaCl$ als Lösungsgenossen unter schwachem Überdruck im geschlossenen Rohr erhalten wurden. Zuerst muß ich erwähnen, daß natürlich infolge des beschränkten Raumes bei der geringen Löslichkeit von $CaCO_3$ nur wenig

Niederschlag zu erwarten war. Ich stellte die Calciumcarbonatlösung daher unter Zusatz von 110 g $NaCl$ auf 1 Liter aus Vaterit als Bodenkörper her und fand nach 24 stündigem Durchleiten von Kohlensäure aus einer Bombe bei einer Temperatur von $+2-5^0$ C. 2,365 g $CaCO_3$ im Liter gelöst. Nach Fr. K. Cameron und A. Seidell (11) lösen sich unter den gleichen Verhältnissen etwa 1,7 g $CaCO_3$. Die Lösung war also stark übersättigt. Im Bodenkörper befand sich übrigens bei Beendigung der Herstellung noch der reine nicht umgewandelte Vaterit.

Zu dem Versuche wurden 165 ccm dieser Lösung = 0,390 g $CaCO_3$ mit 35 ccm einer ziemlich gesättigten Magnesiumbicarbonatlösung ohne Lösungsgenossen = 0,616 g $MgCO_3$ vermischt und bei etwa 5 ccm Luftraum in geschlossenem Rohre 500 Stunden lang im Thermostat auf 90^0 C. erwärmt. Der erhaltene Niederschlag saß fest an der Wand des Rohres an und erwies sich unter dem Mikroskop als aus stark licht- und doppeltbrechenden körnigen Aggregaten bestehend, die beim Zerdrücken mit dem Deckgläschen in schöne rhomboëdrische Spaltungsstücke zersprangen. Da wegen des festen Anhaftens insgesamt nur wenig Substanz, etwa 0,35 g, erhalten werden konnte, wurde nur eine Trennung mittelst Kupfernitrat ausgeführt.

Angewandte Substanz: 0,2115 g. Im Filtrat: 0,0625 g $CaCO_3$ und 0,080 g $MgCO_3$. Im Rückstand 0,0250 g $CaCO_3$ und 0,1148 g $MgCO_3$. Daraus berechnen sich 25,25 % Calcit, 30,19 % Dolomit und 44,56 % Magnesit. Dolomitmaximum = 76,71 %. Dolomitgehalt in % vom Maximum = 39,36 %.

Hieraus ist ersichtlich, daß aus gemischten Magnesium- und Calciumbicarbonatlösungen unter Druck, in diesem Falle wenigstens zum Teil, Dolomit entstanden ist und bei vollständiger Einstellung des Gleichgewichtes nach längerer Versuchsdauer wahrscheinlich auch so weit als überhaupt möglich Dolomit entstehen muß. Der Vergleich dieses Resultates mit denen von Leitmeier liefert aber den ganz unzweideutigen Beweis dafür, daß bei der Bildung von Dolomit aus Calcium-Magnesiumbicarbonatlösungen der Druck eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Mein weiteres Bestreben war nun darauf gerichtet, das langwierige Zeitphänomen der Dolomitbildung abzukürzen, wie ja leicht durch Temperatur- und Drucksteigerung versucht werden konnte. Weiter mußte ich darauf bedacht sein, womöglich größere Mengen Dolomit bei einem und demselben Herstellungsversuch zu gewinnen, mit anderen Worten, ein Verfahren zu finden, nach dem in möglichst kurzer Zeit eine möglichst große Menge reiner Dolomit erhalten werden konnte.

Nach einem einzigen glücklichen Vorversuch erwies sich das auf der folgenden Überlegung beruhende Verfahren als hinreichend praktisch und

leicht durchzuführen. Dolomit als Bodenkörper war aus Vaterit und Magnesiumbicarbonat und $NaCl$ als Lösungsgenossen erhalten worden. Daß die gewinnbaren Mengen an die engen Grenzen der Auflösbarkeit von Magnesiumcarbonat gebunden waren, konnte durch Anwendung der gleichen Ionen in Gestalt von $MgCl_2$ und Natriumbicarbonat verhindert werden. Gleichzeitig mußte aus dem Natriumbicarbonat auch bei hoher Temperatur ein höherer Partialdruck der Kohlensäure resultieren. Nach dieser Überlegung wurde der entscheidende Versuch ausgeführt wie folgt.

15 g Vaterit, 15 g $MgCl_2 . 6H_2O$ und 30 g $NaHCO_3$ wurden zunächst trocken in den Porzellancylinder einer Autoclave gebracht, wobei das $NaHCO_3$ zweckmäßig auf den Boden zu schichten ist. (Die Anwendung von so viel Vaterit im Überschuß hat zwei triftige Gründe; einerseits soll auf diese Weise als Endproduct des Gleichgewichtes sicher nur Calcit neben Dolomit erhalten werden, weil sich daraus nach meiner Methode der Dolomit rein gewinnen läßt, nicht aber aus einem Gemenge von Magnesit und Dolomit; andererseits geht ja, solange noch Vaterit vorhanden ist, die Bildung von Dolomit am schnellsten vor sich, wie wir oben gesehen haben). Dann wurde nach Aufgießen von 200 ccm H_2O die Bombe möglichst rasch verschlossen, damit nur wenig aus dem Natriumbicarbonat sofort entweichende Kohlensäure verloren gehen konnte. Bei einer Temperatur von 180—200° C. ließ ich dann 8 Stunden lang der Reaction ihren Lauf. An der Bombe war ein Sicherheitsventil angebracht und so eingestellt, daß nie mehr als 50 Atmosphären Druck wirksam sein konnten. Es entwich denn auch auf diese Weise einige Zeit lang der entstandene Überdruck.

Der Bodenkörper zeigte sich bei Beendigung des Versuches unter dem Mikroskop als ausschließlich aus gut begrenzten Rhomboëdern bestehend. Die Kupfernitrattrennung hatte folgendes Resultat: Angewandte Substanz 1,300 g. Im Filtrat 0,5969 g $CaCO_3$ und 0,0739 g $MgCO_3$. Im Rückstand 0,3373 g $CaCO_3$ und 0,2841 g $MgCO_3$, d. h. zusammen 1,2922 g Substanz. Im Rückstand ist das Molekularverhältnis von $MgCO_3 : CaCO_3 = 1,0001 : 1$.

Nach diesem günstigen Ergebnis wurden die gesamten 20 g des bei dem Versuch erhaltenen Niederschlages der Trennung mittelst Kupfernitrat unterworfen. Nach 9stündigem Rühren mit einer weitaus hinreichenden Menge (2000 ccm) etwa $\frac{1}{2}$ normaler Lösung wurde der Bodenkörper abfiltriert und aus dem Rückstande durch Kochen mit Ammoniumchlorid und Ammoniak das ausgefallene Kupfer entfernt. Eine Analyse des so gewonnenen ausgewaschenen und getrockneten Pulvers ergab bei 0,2660 g Substanz einen Glühverlust von 0,1280 g = 48,12 %, 0,0800 g CaO = 30,08 % und 0,1610 g $Mg_2P_2O_7$ = 0,0583 g MgO = 21,93 %. Das heißt also:

G. V.	48,12 %	$CaCO_3$	53,74 %
CaO	30,08	$MgCO_3$	45,85
MgO	21,93	Summa:	99,59 %
Summa:	100,13 %	Rest	0,52
		Summa:	100,13 %

$$CaCO_3 : MgCO_3 = 1 : 1,014.$$

Nach diesem schönen Ergebnis muß man feststellen, daß die ca. 9 g nach der Kupfernitrattrennung erhaltene Substanz vollkommen reiner Dolomit sind. (Bei einer Reproduction dieses Versuches wird man, um auch sicher dieses Resultat zu erhalten, vielleicht gut tun, die Zeitdauer von 8 Stunden auf etwa 12 Stunden zu erhöhen). In dem nach der Trennung erhaltenen rein weißen Pulver wurden unter dem Mikroskop teilweise noch deutliche Rhomboëder von etwa 7—10 μ Größe beobachtet; zum Teil waren sie aber auch infolge teilweiser Lösung bei der Umfällung mit Kupfernitrat nur noch als nicht mehr deutlich begrenzte Körner zu erkennen.

Irgend welche Bestimmungen an diesem ersten in größeren Mengen dargestellten, künstlichen reinen Dolomit konnten außer der specifischen Gewichtsbestimmung bisher nicht vorgenommen werden. Gleichzeitig habe ich an dem auf S. 547 schon erwähnten künstlich dargestellten Calcit und Magnesit (von Herrn Professor R. Marc) die Bestimmung des specifischen Gewichtes auf folgende Weise ausgeführt: Da bei Anwendung der Supensionsmethode bei so feinpulvrigen Substanzen, wie den vorliegenden, stets ungenaue Werte infolge der adsorbierten Luft erhalten werden, wurde nach Vermischen des Pulvers mit einer ungefähr gleich schweren Thoulet'schen Lösung in einem dickwandigen Reagenzglas die Luft mittelst der Wasserstrahlpumpe 1 Stunde lang ausgepumpt. Nach 1stündigem Stehenlassen zeigte sich, ob die Lösung das richtige specifische Gewicht hatte oder nicht. Dann wurde nach jeder Correction der Schwere der Flüssigkeit nochmals verfahren wie bisher angegeben. Bei dieser etwas langwierigen Methode wird man vielleicht die starke Auflösung, bezüglich Umfällung, des Pulvers in Thoulet'scher Lösung befürchten. Dazu ist zunächst zu bemerken, daß in 12 Stunden eine Bestimmung beendet zu sein pflegte und daß dieser störende Einfluß am ehesten noch beim Calcit hätte auftreten müssen; unter dem Mikroskop konnte ich jedoch an den Rhomboëdern des letzteren nach 12 Stunden keinerlei Auflösungserscheinungen beobachten. — Es wurde stets eine Wägung des Gewichtes der Lösung vorgenommen, wenn das Pulver zu schweben begann, eine zweite, wenn es schwebte, und eine letzte, wenn auch das Schwerste vom Boden verschwunden war. Ich denke auf diese Weise die Fehlergrenzen meiner Bestimmungen genau kenntlich gemacht zu haben. Aus der vorzüglichen Übereinstimmung des von mir gefundenen Wertes für künstlichen Calcit mit dem von anderen Autoren entnehme ich

das Recht, die bisher noch nie an künstlichem Material ausgeführten Bestimmungen des specifischen Gewichtes von Dolomit und Magnesit zum mindesten bis auf die zweite Decimale als genau zu betrachten.

Gefunden wurde für:

	I. Wägung:	II. Wägung:	III. Wägung:	Mittel I—III:	Differenz:
Calcit	2,710	2,714	2,718	$2,714_0$	
					$0,110_5$
Dolomit	2,817	2,825	2,832	$2,824_5$	
					$0,133_8$
Magnesit	2,948	2,960	2,967	$2,958_3$	

J. W. Retgers (8) hat seinerzeit nur für Calcit Bestimmungen an reinem Material, für Dolomit und Magnesit nur solche an möglichst reinem natürlichem Material zu seinen bekannten Untersuchungen zur Verfügung gehabt. Er verwandte zu seinen Berechnungen:

		Differenz:
Calcit	$\delta = 2,712$	
		0,160
Dolomit	$\delta = 2,872$	
		0,145
Magnesit	$\delta = 3,017$	

Aus den angegebenen Differenzen ersieht man schon, daß, absolut genommen, das specifische Gewicht des Dolomits jetzt näher dem Calcit steht, während es früher näher dem Magnesit angenommen wurde. Retgers berechnete das specifische Gewicht des Dolomits als eines mechanischen Gemisches aus Kalkspat und Magnesit zu 2,843. Durch Vergleich mit dem als richtig angenommenen Wert für Dolomit $\delta = 2,872$ ergibt sich somit eine Volumcontraction, die nach Retgers den Dolomit als chemische Verbindung, als Doppelsalz charakterisiert. Führt man die analoge Berechnung mit den oben für die reinen künstlich hergestellten Substanzen gefundenen Werten aus, so erhält man für ein Gemisch aus 54,28% Kalkspat und 45,72% Magnesit, das der Zusammensetzung des Dolomits entsprechen würde, das specifische Gewicht $\delta = 2,825$.

Ein Vergleich mit dem praktisch gefundenen Wert für reinen Dolomit lehrt, das nunmehr der Beweis J. W. Retgers für die Doppelsalznatur des Dolomits hinfällig geworden ist. Denn aus dem specifischen Gewicht läßt sich weder Volumcontraction, noch Volumdilatation folgern. Das Molekül des Dolomits nimmt praktisch denselben Raum ein, den ein Molekül Calcit und ein Molekül Magnesit zusammen beanspruchen. Natürlich ist deswegen die mit größter Sicherheit festgestellte Doppelsalznatur durch diesen einen hinfällig gewordenen Beweis keineswegs in Frage gestellt, wie überhaupt alle Untersuchungen dieser Arbeit den Dolomit als Doppelsalz erkennen lassen.

Im Anschluß hieran möchte ich noch einige Worte sagen über die Beobachtungen, die bisher über die Beständigkeit des Dolomits gegen seine eigene Lösung gemacht werden konnten. Es wurde wiederholt schon

darauf hingewiesen, und ist auch aus der beigegebenen Tabelle IX zu ersehen, daß bei Anwendung von Lösungsgenossen in der über dem Bodenkörper befindlichen Flüssigkeit auch bei nahezu reinem Dolomit im Bodenkörper das Molekularverhältnis $CaCO_3 : MgCO_3$ nicht wie 1 : 1, sondern etwa wie 1 : 7 gefunden wurde. Daraus zu schließen, daß Dolomit nur gegen Calcium-Magnesiumbicarbonatlösungen mit größerem Magnesiumreichtum, als der äquimolekularen Zusammensetzung entspricht, beständig sein könne, halte ich für unberechtigt, da die anwesenden Lösungsgenossen oder auch der Umstand, daß trotz der langen Dauer der Versuche das Gleichgewicht noch immer nicht vollkommen eingestellt war (es befand sich ja noch Calcit im Bodenkörper), die gefundene Zusammensetzung der Lösung bedingen konnten. Dafür spricht auch, daß bei dem Versuch 30 ohne Lösungsgenossen das Molekularverhältnis von $CaCO_3 : MgCO_3$ nahezu wie 1 : 1 gefunden wurde. Mir selbst scheint es, daß aus allen meinen Versuchen, besonders auch aus den in Tabelle VI wiedergegebenen, als das Wahrscheinlichste zum mindesten unter Druck eine Beständigkeit des Dolomits auch gegen seine eigene Lösung sich folgern läßt.

Tabelle IX.

Vom nahezu äquimolekularen Ausgangsmaterial blieben in Lösung:

Versuchs-Nr.	% $CaCO_3$	% $MgCO_3$	Im Molekularverhältnis
25	1,58	8,51	1 : 6,370
29	1,43	9,17	1 : 7,612
29 a	1,86	10,08	1 : 6,438
30	. . . .	. . . .	1 : 1,009

Bevor wir schließen, müssen wir kurz noch einmal, wie versprochen, zum I. Teil dieser Arbeit zurückkehren. Dort hatten wir als Ergebnis aller Versuche festgestellt, daß bei Fällungen nach der gleichen Methode, die ohne Druck zur Darstellung des Linck'schen Mischsalzes hätten führen müssen, unter Kohlensäureüberdruck Sphärolithe von ganz anderen Eigenschaften entstanden waren. Wir hatten auch gezeigt, daß das Niederschlagsproduct dann entweder eine isomorphe Mischung zweier unbekannter Modificationen der beiden Carbonate darstellen, oder aber, daß sich ein Gemenge aus Calcit und Magnesit oder aus Dolomit und Calcit, oder Dolomit und Magnesit, oder Dolomit allein gebildet haben müsse. Nach dem oben aufgestellten Prinzip der Dolomitbildung aus Bicarbonatlösungen unter Druck, sowie aus jetzt erst ausgeführten qualitativen Unterscheidungsversuchen mit Kupfernitrat (vergl. S. 550) möchten wir uns ohne weiteres für die zweite der eben geschilderten Möglichkeiten entscheiden. Wir möchten daher vor-

schlagen, die unter Druck entstandenen Niederschläge zur Unterscheidung vom Linck'schen Mischsalz kurz als dolomitische Sphärolithe zu bezeichnen. Über diese Umwandlung des Linck'schen Mischsalzes sind neuerdings Versuche im Gange, denen wir hier nicht vorgreifen wollen. Man kann sich aber bis jetzt von ihnen eine vollkommene Bestätigung der in dieser Arbeit gefundenen praktischen und theoretischen Resultate versprechen. Erwähnen möchte ich hierbei gleichzeitig, daß dann vielleicht auch bewiesen wird, was hier nur als Folgerung sich ergibt: daß G. Linck schon bei seinen eingangs beschriebenen Versuchen wahrscheinlich nahezu reinen Dolomit dargestellt und als solchen erkannt hatte.

G. Linck hat auch in einer seine und seiner Schüler Resultate zusammenfassenden Arbeit (19) ein allgemeines Prinzip der Dolomitbildung aufgestellt. Er sagt da: »Der Dolomit bildet sich bei Gegenwart von Calciumcarbonat in der Lösung, oder bei Gegenwart von labilen Modificationen des Calciumcarbonats im Bodenkörper als Product eines Gleichgewichtes zwischen Magnesiumcarbonat in der Lösung und im Bodenkörper unter gleichzeitiger Aufzehrung des vorhandenen Calciumcarbonats. Jenes Gleichgewicht ist abhängig von Temperatur und Druck, sowie von den Lösungsgenossen. Es stellt sich um so leichter und schneller ein, je labiler, je leichter löslich die Modification des kohlensaueren Kalkes ist, je mehr Kohlensäure vorhanden und je höher Temperatur und Druck ist. Ein Überschuß von Magnesiumcarbonat kommt in Form von Magnesit zur Abscheidung.« Diesen Sätzen ist nach Abschluß der vorliegenden Untersuchungen nur hinzuzufügen, daß sich, unter Druck wenigstens, nicht nur bei Gegenwart von labilen Modificationen des Calciumcarbonats, sondern auch aus dem stabilen Calcit und Magnesit Dolomit bilden kann. Ferner müssen wir daran erinnern, daß die Ergebnisse aller früheren Versuche, die ohne Anwendung von Kohlensäureüberdruck ausgeführt wurden, zum mindesten einer Nachprüfung zur genaueren Charakterisierung ihrer Endproducte dringend bedürfen.

Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse.

1. Versuche zur künstlichen Darstellung von Dolomit durch directe Fällung von Calcium- und Magnesiumchloridlösungen mit Ammoniumsesquicarbonat unter Kohlensäureüberdruck ergaben Sphärolithe von Calciummagnesiumcarbonat, deren Magnesiumgehalt abhängig ist 1) vom Magnesiumgehalt, 2) vom Ammoniumcarbonatgehalt der verwendeten Lösungen, 3) von der Temperatur und 4) vom Kohlensäureüberdruck. Ihr specifisches Gewicht ist größer als 2,72. Mit Kobaltsolution gekocht färben sie sich nicht, dagegen färben sie sich mit Lemberg'scher Lösung wenigstens bei

geringerem Magnesiumcarbonatgehalt als der äquimolekularen Zusammensetzung entsprechen würde. Durch die letzteren Eigenschaften unterscheiden sich diese Sphärolithe von dem ähnlichen sphärolithischen Mischsalz von Calciummagnesiumcarbonat in der Vateritmodification (dem »Linck'schen Mischsalz«), das bei analogen Fällungsversuchen nur ohne Anwendung von Überdruck von G. Linck und K. Schmidt dargestellt wurde. Die erhaltenen »dolomitischen Sphärolithe« sind möglicherweise aus dem Linck'schen Mischsalz entstanden und bestehen wahrscheinlich, wie sich aus den Ergebnissen des II. Teiles dieser Arbeit vermuten läßt, aus Dolomit neben Calcit und Magnesit, je nach ihrer chemischen Zusammensetzung und der Dauer des Versuchs.

2. Versuche, um durch Umwandlung labiler Modificationen des Calciumcarbonats Dolomit darzustellen, wurden durch Einwirkung von Magnesiumbicarbonat auf Vaterit als Bodenkörper mit und ohne Lösungsgenossen ausgeführt und hatten folgende Ergebnisse:

Bei Zimmertemperatur und Normaldruck wurde nur wasserhaltiges Magnesiumcarbonat neben Vaterit erhalten. Bei verhältnismäßig niedriger Temperatur (50—80° C.) und geringem Kohlensäureüberdruck (1—5 Atm.) ergab sich Linck'sches Mischsalz im Bodenkörper und zwar mit einem mit Temperatur und Druck steigenden Magnesiumgehalt.

Bei höherer Temperatur (von 90° C. an) und höherem Kohlensäureüberdruck (von 15 Atm. an) entstand bei 50stündiger Dauer der Versuche und bei Anwendung von äquimolekularen Mengen von Vaterit und Magnesiumbicarbonat ein Gemenge aus Aragonit, Dolomit und Magnesit. Der Aragonit ließ sich durch specifisches Gewicht, Trennung mittelst Essigsäure und durch Kobaltsolution (eventuell im Verein mit Schwefelammon) identificieren. Der Dolomitgehalt wurde anfangs nur ungefähr durch Trennung mittelst Essigsäure, später genauer durch Trennung mittelst Kupfernitrat ermittelt (s. weiter unten). Eine Steigerung des Dolomitgehaltes im Bodenkörper ließ sich durch Änderung der Mengenverhältnisse der Ausgangsmaterialien oder durch die Art der Lösungsgenossen nicht erreichen, wohl aber durch längere Zeitdauer der Versuche herbeiführen. Auf diese Weise wurden zunächst Gemenge von Calcit, Dolomit und Magnesit und schließlich reiner Dolomit neben einer geringen Menge Calcit erhalten. Die Dolomitbildung erfolgt, so lange noch Vaterit im Bodenkörper vorhanden, sehr rasch, später bei Anwesenheit von Aragonit langsamer, bei Calcit am langsamsten. Die Umwandlung von Vaterit in Aragonit, ebenso wie die von Aragonit in Calcit geht durch Lösung vor sich.

Ein Vergleich der Versuchsergebnisse bei Temperaturen unter 90° mit denen bei höherer Temperatur lehrt, daß das Linck'sche Mischsalz je nach seiner chemischen Zusammensetzung unter erhöhtem Druck und bei

erhöhter Temperatur wahrscheinlich in Dolomit und Calcit oder Dolomit und Magnesit, oder Dolomit allein zerfällt.

3. Aus Gemengen von Calcit und Magnesit ebenso wie aus gemischten Calcium- und Magnesiumbicarbonatlösungen wurde unter Kohlensäureüberdruck bei Gegenwart von $NaCl$ als Lösungsgenossen ebenfalls ein Gemenge aus Calcit, Dolomit und Magnesit erhalten, dessen Dolomitgehalt sich bei längerer Dauer des Versuches wahrscheinlich noch hätte steigern lassen.

4. Aus Vaterit, Magnesiumchlorid und Natriumbicarbonat wurde bei 180—200° C. und ca. 50 Atmosphären Kohlensäureüberdruck in einer Autoclave ein Gemenge aus Calcit und Dolomit erhalten, aus dem der Dolomit durch Trennung mittelst Kupfernitrat (s. weiter unten) auch in größeren Mengen gewonnen werden konnte.

5. Aus den gefundenen Tatsachen, läßt sich für die Dolomitbildung in den vorliegenden Fällen folgendes Prinzip ableiten: Dolomit entsteht bei einem Kohlensäureüberdruck von etwa 15 Atmosphären an bei erhöhter Temperatur (über 90°), wahrscheinlich aber auch bei Normaltemperatur, als stabilstes Product aus gemischten Calcium-Magnesiumbicarbonatlösungen oder aus festen Phasen, beziehentlich aus festen und flüssigen Phasen von solchen Calcium- und Magnesiumverbindungen, aus denen sich gemischte Calcium-Magnesiumbicarbonatlösungen bilden können, und zwar in der Menge, die der Zusammensetzung der Lösungen nach überhaupt möglich ist. Ein Überschuß von Calciumcarbonat bleibt als Calcit, ein Überschuß von Magnesiumcarbonat als Magnesit stabil.

6. Das specifische Gewicht des reinen künstlichen Dolomits wurde zu 2,825, das des reinen künstlichen Magnesits zu 2,958 bestimmt. Daraus läßt sich berechnen, daß ein Molekül Dolomit denselben Raum einnimmt, den ein Molekül Calcit und ein Molekül Magnesit zusammen beanspruchen.

7. Die von O. Mahler gegebene Methode der Trennung von Dolomit und Kalkspat mittelst Kupfernitratlösung wurde weiter ausgebaut. Die bei der Umfällung ausgefällten Kupferverbindungen sind basisches Kupfercarbonat $(CO_3)_2Cu.(CuOH)_2$, d. h. künstliche Kupferlasur und basisches Kupfernitrat $Cu(NO_3)_2.3Cu(OH)_2$, d. h. künstlicher Gerhardtit. Durch Kochen mit Ammoniak und Ammoniumchlorid können diese Fällungsproducte in Lösung gebracht werden. Danach kann der Rückstand leicht weiter untersucht werden. Da Calciumcarbonate eine praktisch vollkommene, Dolomit nur eine teilweise, Magnesit praktisch überhaupt keine Umfällung mit Kupfernitrat ergeben, läßt sich die Methode zu einer praktisch genügend genauen Bestimmung des Dolomitgehaltes in Gemengen der genannten Carbonate verwenden. Aus Gemengen von Calciumcarbonaten mit

Dolomit läßt sich nach Auflösen der ausgefallenen basischen Kupferverbindungen der Dolomit wenigstens zum größten Teil, und zwar ganz rein gewinnen.

8. Mittelst Kupfernitratlösung läßt sich durch Kochen eine qualitative Unterscheidung von Calciumcarbonaten, Dolomit und Magnesit herbeiführen. Calciumcarbonate färben sich sofort stark grün und entfärben die verwandte Lösung. Dolomit färbt sich erst nach längerem Kochen schwach grün, während reiner Magnesit erst bei mindestens viertelstündigem Kochen sich sehr wenig grün zu färben beginnt.

9. Heiße Kupfernitratlösung kann in analoger Weise zur Unterscheidung von Calcit, Dolomit und Magnesit in Dünnschliffen verwandt werden. Die färbenden Kupferverbindungen lassen sich für durchfallendes Licht durch Ferrocyankaliumlösung als Ferrocyankupfer leicht sichtbar machen.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung von Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. G. Linck im Mineralogischen Institut der Universität Jena ausgeführt. An dieser Stelle darf ich meinem hochverehrten Lehrer für die äußerst interessante Aufgabe und die stete Förderung meinen aufrichtigen Dank sagen. Auch Herrn Professor Dr. Marc und Herrn Privatdozent Dr. Ritzel möchte ich hier für die stets liebenswürdige Bereitschaft zu anregenden Besprechungen danken.

Literaturverzeichnis.

(1) W. Diesel, diese Zeitschr. **49**, 250—277 (1911).

(2) G. Linck, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Monatsberichte **61**, 230—241 (1909). Auszug: diese Zeitschr. **51**, 391.

(3) G. Linck, Neues Jahrb. f. Min., Beil.-Band **16**, 495—513 (1903) und Jenaische Zeitschr. f. Naturwissenschaft **45**, 267—278 (1909), Auszug: diese Zeitschr. **51**, 391.

(4) K. Schmidt, Über Mischsalze von Calcium- und Magnesiumkarbonat. Dissertation, Jena 1913.

(5) Literaturangabe vergl. bei G. Linck im Handbuch der Mineralchemie (C. Doelter) **1**, 113 (1911).

(6) W. Meigen, Ber. d. naturf. Ges. z. Freiburg i. Br. **13**, 40 (1902); **15**, 55 (1905). Auszug: diese Zeitschr. **17**, 213 und **18**, 535.

(7) J. Lemberg, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. **39**, 489 (1887); **40**, 357 (1888); Auszug: diese Zeitschr. **40**, 524; und **44**, 312.

(8) J. W. Retgers, N. Jahrb. f. Min. etc. 1891, **1**, 132 und 1822, **1**, 210; Auszug: diese Zeitschr. **23**, 310.

(9) O. Bütschli, Untersuchungen über organische Kalkgebilde 31 (1908).
(10) A. Vesterberg, Bull. of the geol. Inst. of Upsala **5**, 98 (1900); Auszug: diese Zeitschrift **37**, 288.
(11) Fr. K. Cameron und A. Seidell, Journ. of phys. Chem. **7**, 578 (1903).
(12) K. Grünberg, Zeitschr. f. anorg. Chemie **80**, 337 (1913).
(13) Fr. Hinden, Verh. der naturf. Ges. in Basel **15**, 201 (1903); Auszug: diese Zeitschr. **41**, 673.
(14) O. Mahler, Über das chemische Verhalten von Dolomit und Kalkspat, Dissertation, Freiburg 1906.
(15) L. Michel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 139; Auszug: diese Zeitschr. **21**, 270.
(16) H. L. Wells und L. S. Penfield, Amer. Journ. of Sc. **3**, 30, 50 (1888); Auszug, diese Zeitschr. **11**, 303 (1886).
(17) H. Leitmeier, Handbuch der Mineralchemie (Doelter) 1911, **1**, 395.
(18) E. v. Gorup-Besanez, Ann. d. Chem. und Pharm. 8 (1872), Suppl.-Bd.
(19) G. Linck, Handbuch der Mineralchemie (Doelter) 1911, **1**, 133.

XXXIII. Über Wolkonskoit.

Von

F. Angel in Graz.

(Mit 6 Textfiguren.)

Einleitung.

Als Felix Cornu[1]) im Jahre 1909 das Interesse der Forschung auf die Hydrogele des Mineralreiches lenkte, begann ein ganzer Stab[2]) von wissenschaftlichen Arbeitern, sich mit diesen bis dahin wenig beachteten Naturkörpern zu befassen. Durch gütige Vermittlung des Herrn Prof. Dr. J. A. Ippen wurde mir damals das Material zur vorliegenden Arbeit, welche ich erst jetzt vollenden konnte, zugewiesen.

Der Wolkonskoit kommt in Form von Nestern und Adern im permischen kalkigen Sandstein vor, welcher in den russischen Gouvernements Perm und Wjatka große Verbreitung besitzt. Soviel aus der Literatur zu entnehmen war, sind nur wenige Fundorte dieses Minerals bekannt. Es mögen genannt sein: Uchtym, Kreis Glasow, Gouv. Wjatka; Jefimjatskaja, Kreis Ochansk, Gouv. Perm; Echinovka, vermutlich in einem dieser Gouvernements gelegen. Diese Ortschaften sind auf den Karten der Atlanten von Andreae oder Velhagen nicht angegeben.

Was mein Arbeitsmaterial anlangt, sei bezüglich der Fundorte folgendes bemerkt: Wolkonskoit aus der Sammlung des hiesigen min.-petrogr. Instituts trug die Fundortbezeichnung »Perm«. Ebenso das Material, welches ich auf Veranlassung Cornu's vom Wiener Mineralienhändler Böhm erhielt. Beide hatten dunkelgrüne Farbe. Der Liebenswürdigkeit Herrn Prof. Berwerth's in Wien verdanke ich einiges heller grün gefärbtes Material aus der Sammlung des Wiener naturhistorischen Hof-

1) F. Cornu, Die Bedeutung der Hydrogele im Mineralreich. Zeitschr. f. Chemie und Industrie der Kolloide **4**, 1, 1909. Ausz. diese Zeitschr. **51**, 635.

2) J. A. Ippen, Kolloidchemie und ihre Beziehungen zur Mineralogie. D. Naturw. Verein beider Hochschulen in Graz, Heft IV, Juni 1910.

museums mit der schon erwähnten Bezeichnung »Echinovka« und dem Beisatz »nähere Angaben fehlen«.

Einige dieser Fundorte liegen im Gebiet von Flüssen, die aus dem Ural kommen, z. B. der Čusovaja, welche aus diesem Gebirge auch Nebenflüsse empfängt. Die Ursprungsgebiete dieser Gewässer sind vom großen Chromeisenerzvorkommen der Linie Jekaterinburg—Nischnij Tagilskoi—Newjanskoi nicht weit entfernt, speciell die Čusovaja hat ihr Quellflußgebiet in der Umgebung Jekaterinburgs. Sie mündet in die Kama, welche das vom Ural beiläufig 200 km entfernte Fundortgebiet des Gouv. Perm durchströmt. Ob der etwa 300 km vom Ural westlich liegende Fundortbezirk von Glasow in Wjatka in dasselbe Flußgebiet gehört, konnte nach dem mir zur Verfügung stehenden Kartenmaterial nicht entschieden werden. Ich flechte diese geographischen Bemerkungen deshalb ein, weil ich anläßlich der genetischen Betrachtungen noch einmal darauf zurückkommen werde.

Von der Literatur war mir weniges, und dieses nur in Form von Citaten oder Referaten zugänglich. So die Arbeit P. Krotows[1][2]) mit einer Analyse von Karpow, und die Arbeit Kämmerer's[3]) mit einer Angabe des spec. Gewichts.

I. Physikalische Eigenschaften.

Härte. Wolkonskoit ist mit dem Fingernagel ritzbar, hat also etwa den Härtegrad 1 nach Mohs. Beim Pulvern zeigt er teigige Beschaffenheit. Er schmiert sich an den Reibschalenwänden und bildet knetbare Klümpchen. Dieser Umstand erschwert das Pulvern und wirkt hindernd bei der analytischen Aufschließung.

Spec. Gewicht. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes mußte unter Anwendung einiger Vorsichtsmaßregeln durchgeführt werden. Wenn man nämlich ein Stückchen Wolkonskoit ins Wasser wirft, zerspringt es im Verlauf von etwa einer Minute in viele eckige Splitter. Es lösen sich ganze Schalen des Stückes von außen nach innen fortschreitend ab. Der Vorgang ist begleitet von deutlich hörbarem Knistern und lebhafter Entwicklung von Luftblasen. Gleichzeitig färbt sich das Mineral merkbar dunkler. Dieselbe Erfahrung macht man bei Behandlung mit Öl, Glycerin und Canadabalsam. Durch diese Eigenschaft wird nicht nur die Anfertigung optischer Präparate, sondern auch die Bestimmung des specifischen Gewichtes erschwert. Behufs der Bestimmung des letzteren wurden einige Stückchen von Wolkonskoit im Pyknometer dem Zersplitterungsproceß

1) P. Krotow, Wolkonskoit von Uchtym. N. J. 1903, 2, 177. Referat von Doß.
2) V. v. Worobieff's Referat, diese Zeitschr. 39, 609.
3) Kämmerer, citiert in Dana, System of Mineralogy, 6. Aufl., 1909, 696.

überlassen. Dann wurde unter einem Recipienten durch Luftverdünnung das Aufsteigen der Luftbläschen erleichtert, durch Schütteln und abermaliges Behandeln unter der Luftpumpe alle Luft ausgetrieben, soweit dies eben möglich war, und dann die Bestimmung in der üblichen Weise durchgeführt. Auf diese Weise ergab sich für das specifische Gewicht der Wert 2,337, Kämmerer hatte 1833 die Zahl 2,3 erhalten. Dem von mir ermittelten Wert dürfte nach alledem ziemliche Genauigkeit zukommen.

Optisches Verhalten. Zur Untersuchung im durchfallenden Licht konnten aus dem früher erwähnten Grunde nur Pulverpräparate herangezogen werden. Als Einbettungsflüssigkeit wurden Wasser, Canadabalsam und Glycerin verwendet. Die Schüppchen (siehe Fig. 1) aus denen das Pulver des Wolkonskoits besteht, sind mit hellgrüner Farbe durchsichtig und durchschwärmt von Bläschen, welche dem Mineral ein schwammartiges Gefüge verleihen (Fig. 1). Diese Bläschen haben durchschnittlich 2,1 μ im Durchmesser. Sie sind im trockenen Mineral mit Luft gefüllt, in den Präparaten mit der Einbettungsflüssigkeit. Das Mineral ist vollkommen isotrop. Krotow (l. c.) berichtet vom Uchtymer Wolkonskoit, er sei feinfaserig-doppeltbrechend. Legt man auf diesen Unterschied Gewicht, so ist der hier beschriebene Wolkonskoit von jenem von Uchtym zu trennen.

Fig. 1.

Aus allem, was bis jetzt über das mir vorliegende Material erörtert wurde, geht hervor, daß diese Wolkonskoite Mineralgele sind. Ob es Gemenge oder chemische Verbindungen sind, darüber kann die chemische Bearbeitung Aufschluß geben.

II. Chemische Eigenschaften.

1. Die Rolle des Wassers.

Wasseraufnahme und Begleiterscheinungen. 1. Versuch. Ein Stückchen Wolkonskoit wurde gewogen und auf einem Uhrglas neben ein Schälchen mit Wasser gestellt. Über beides wurde eine vor Staub schützende Glasglocke gestülpt, jedoch so, daß die Luftcirculation nicht behindert war, und nun von Zeit zu Zeit die Gewichtsveränderungen studiert. Es zeigte sich, daß aus der Luft Wasserdampf aufgenommen worden war. Während der ersten 12 Stunden betrug die Zunahme 1,08%. Diese verhältnismäßig große Zahl erklärt sich daraus, daß während dieser Zeit warmes Wetter herrschte, und daher unter der Glocke eine starke Verdunstung stattfand. Der darauffolgende Wettersturz, welcher mit einer bedeutenden Abkühlung verbunden war, brachte eine Verminderung der Verdunstung mit sich, welche auch auf die Wasserdampfaufnahme von Ein-

fluß war. Während der folgenden 48 Stunden wurde nur 0,49 %, und nach weiteren 2 Tagen noch 0,60 % Gewichtszunahme beobachtet.

Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß der Wassergehalt des Wolkonskoits zum Teil eine Function des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft ist. Gleichzeitig gibt dieser Versuch eine Erklärung für die Tatsache, daß Wolkonskoite, die an verschiedenen Orten aufbewahrt, und unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen untersucht werden, verschiedenen Wassergehalt aufweisen.

2. Versuch. Ein gewogenes Stück Wolkonskoit wurde in destilliertes Wasser geworfen. Nachdem das Zersplittern aufgehört hatte und keine Luftblasen mehr aufstiegen, wurden nach Decantieren des Wassers die Mineralsplitter gesammelt, mit Filtrierpapier äußerlich getrocknet, und auf einem Uhrschälchen rasch gewogen. Die Gewichtszunahme infolge Wasseraufnahme betrug 17,22 %. Nimmt man als Basis der Berechnung das mit Wasser nunmehr gesättigte Mineral, so würde die Differenz zwischen dem ursprünglichen und dem jetzigen Wassergehalt 14,73 % betragen. Über den Verlauf der Wasserabgabe an die Laboratoriumsluft unterrichtet die Fig. 2. Die Kurve wurde in der Weise gewonnen, daß das mit Wasser gesättigte Mineral unter einer Glasglocke wie beim 1. Versuch sich selbst überlassen und von Zeit zu Zeit gewogen wurde.

Fig. 2.

Bei diesem Versuche wurde binnen 10 Stunden das aufgenommene Wasser wieder vollkommen abgegeben und somit der Gleichgewichtszustand mit der umgebenden Luft wieder erreicht. Die Wasserabgabe erfolgt nach einer logarithmischen Kurve[1]). Wäre die Entwässerungskurve eine Gerade, so würde dies darauf hindeuten, daß die Wasserabgabe lediglich Verdunstung sei, denn an freier Oberfläche und unter gleichen atmosphärischen Bedingungen ist die Menge des verdunsteten Wassers der verflossenen Zeit proportional. Dies trifft aber für unseren Fall nicht zu. Die Wasserabgabe vollzieht sich unter dem Einfluß einer vom Mineral ausgehenden bindenden Kraft, die in dem Maße wächst, als ihm Wasser entzogen wird. Dieses Wasser ist demnach als Adsorptionswasser zu betrachten.

Für den Analytiker hat dieser Umstand dieselbe Bedeutung, wie das Ergebnis des ersten Versuches.

1) R. Marc, Chemische Gleichgewichtslehre, Jena 1911, 177—178.

Wasserabgabe im Exsiccator. In ganz ähnlicher Weise, wie oben beschrieben, wickelt sich die Wasserabgabe des lufttrockenen Minerals im Schwefelsäure-Exsiccator ab. Ein gewogenes Stück wurde darin eingeschlossen und solange beobachtet, bis Gewichtsconstanz eintrat. Dies war nach 21 Stunden der Fall. Der Wasserverlust betrug 11,99 %. Den Vorgang der Wasserabgabe erläutert die Fig. 3. Im Intervall AB wurde im Gleichgewichtszustand angestrebt, dann muß offenbar irgendeine Änderung im Gefüge des Minerals eingetreten sein. Anders kann man das anfänglich so rasche Abfallen der Kurve im Intervall BO nicht erklären. Es wäre nun zu entscheiden, ob dieses im Mineral schon ursprünglich vorhandene Wasser hygroskopisch oder adsorbiert ist. Schon die Tatsache, daß außer ihm noch bedeutende Mengen von Wasser aufgenommen werden können, spricht dafür, daß es sich hier um Adsorptionswasser handelt. Kleine Mengen von hygroskopischem Wasser mögen ja immerhin daneben vorkommen.

Fig. 3.

Wasserabgabe bei Temperaturen über 100°. Wolkonskoit von Perm, dessen Gesamtwasserverlust vorher mit 21,82 % bestimmt worden war, wurde zunächst bis zur Gewichtsconstanz im Schwefelsäurexsiccator belassen. Dabei verlor er 11,08 % Feuchtigkeit. Nun wurde er den im Diagramm Fig. 4 ersichtlichen Temperaturen immer bis zur völligen Gewichtsconstanz ausgesetzt. Durch die Einrichtung des Thermostaten war jedoch diesem Versuch schon bei 250° C. eine Grenze gesetzt. Das rest-

Fig. 4.

liche Wasser wurde durch Erhitzen über einem Bunsenbrenner ausgetrieben, und über die Höhe dieser Temperaturen können nur beiläufige Angaben gemacht werden.

Das Bemerkenswerteste an der Wasserverlustkurve (Fig. 4) ist die horizontale Strecke zwischen 160° und 190°. In diesem Intervall stockte die Wasserabgabe völlig. Dadurch erscheint das ganze Wasser des Minerals seiner Bedeutung für die Constitution desselben nach in zwei Partien gespalten. Die Partie, welche innerhalb 100° und 160° entweicht, kann als Adsorptionswasser betrachtet werden. Jene, welche oberhalb 190° abgespalten wird, als chemisch gebundenes Wasser. Jenes beträgt einschließlich des im Exsiccator abgegebenen, an welches es sich ja unmittelbar anschließt, 15,17 %, dieses 6,65 %.

Für diese Trennung sprechen auch noch einige chemische Gründe. Bis 160° bleiben die Mineralsplitter grün, oberhalb 190° beginnt eine Verfärbung, bei etwa 280—300° wird die Substanz braunschwarz. Beim Abkühlen kehrt die grüne Farbe nicht wieder. In diesem Punkt verhält sich der Wolkonskoit anders wie der grüne Chromgranat Uwarowit. Auf Anraten Herrn Prof. Scharizers erhitzte ich ein Stückchen Uwarowit von Bissersk im Ural auf einem Platinblech. Es wurde mißfarben, dann schwarzbraun, beim Abkühlen aber allmählich wieder grün[1]).

Behandelt man Wolkonskoit, welcher noch nicht über 160° erhitzt worden ist mit kaltem oder heißem Wasser, so nimmt er zwar Wasser auf, von einer Substanzabgabe an das Wasser ist jedoch nichts zu bemerken. Im Gegensatz hierzu kann man durch kaltes und in noch größerem Maße durch warmes Wasser aus einem auf höhere Temperaturen erhitztem Wolkonskoit *Mg*- und *Ca*-Chromat in großer Menge auslaugen. Das deutet daraufhin, daß bei Temperaturen, die über 190° liegen, eine Zerstörung des chemischen Baues stattfindet. Dadurch erscheint die Annahme, daß das Wasser, welches den Wolkonskoit erst oberhalb 190° verläßt, Constitutionswasser sei, begründet.

Soweit es mit dem Quecksilberthermometer möglich war, konnte ich beobachten, daß auch über 260° die Wasserabspaltung sich stufenweise vollzieht. Bis etwa 300° wurden z. B. 1,14 % Wasser abgegeben, bis 320° weitere 0,91 %, und bei Tiegelrotglut, 600° beiläufig, die restlichen 2,79 %.

Ferner zeigt die Betrachtung der Kurve in Fig. 4, daß die Teilkurve vor dem horizontalen Stück ein verhältnismäßig steil ansteigender, aus Staffeln aufgebauter Linienzug ist, während das andere Kurvenstück mehr Stetigkeit aufweist.

---

1) Ähnlichen Farbenwechsel zeigt auch der Pyrop, welcher beim Erhitzen ebenfalls schwarzbraun wird und beim Abkühlen wieder rot.

2. Chemisches Verhalten.

Constitution. Auf die Bildung von in Wasser löslichen Chromaten beim starken Erhitzen des Wolkonskoits wurde bereits hingewiesen. Dana (l. c.) gibt an, daß er mit starken Säuren gelatiniere. Diese Erfahrung habe ich nicht gemacht. Vielmehr erwies sich der Wolkonskoit gegenüber Mineralsäuren unter allen Umständen auch bei Siedehitze, als unangreifbar. Ebenso verhielt er sich wässerigen Lösungen der Alkalien gegenüber. Selbst mehrtägiges Stehen in den genannten Reagentien vermochte ihn nicht zu verändern.

Die endliche Aufschließung wurde durch wiederholtes Aufschmelzen mit Kaliumnatriumcarbonat oder auch mit Kaliumbisulfat erreicht. Stets blieb nach dem ersten Aufschließen ein unlöslicher Rückstand der neuerdings aufgeschmolzen werden mußte.

In einem solchen unvollkommenen Aufschluß wurde festgestellt, daß in dem durch den Aufschließungsvorgang gelösten Teil sich die zweiwertigen Basen *Mg* und *Ca*, sowie der größte Teil von Fe_2O_3 befanden, daneben die Hälfte beiläufig von Al_2O_3 und geringe Mengen Cr_2O_3, während im unlöslichen Teil die Kieselsäure, der Hauptteil des Cr_2O_3, sowie der Rest von Fe_2O_3 und Al_2O_3, enthalten war.

Chrom wurde sowohl als $BaCrO_4$ als auch Cr_2O_3 bestimmt und gute Übereinstimmung gefunden. Für die Titration des FeO wurde die Methode von Pebal-Doelter verwendet. Der Aufschluß vollzog sich mit Fluß- und Schwefelsäure sehr rasch.

Im folgenden habe ich zwei meiner Analysen (I und II) der Analyse Karpows (III) gegenübergestellt.

	I. Perm				II. Echinovka				III. Uchtym		
	%	Mol.-Quotienten		V	%	Mol.-Quotienten		V	%	Mol.-Quotienten	V
SiO_2	36,04		0,5960	3	37,14		0,6150	3	42,30	0,7004 Überschuß	+ 3
Cr_2O_3	24,79	0,1629		:	22,77	0,1496		:	19,34		:
Al_2O_3	0,63	0,0062	0,1979	1	4,33	0,0425	0,2054	1	4,38	0,1834	1
Fe_2O_3	4,60	0,0288			2,13	0,0133			2,21		
FeO	4,65	0,0646		:	3,46	0,0418		:	—		:
CaO	2,33	0,0415			2,77	0,0494			4,92		
MgO	4,88	0,1209	0,5961	3	4,09	0,1013	0,6084	3	1,60	0,5358	3
H_2O über 160°	6,65	0,3691			7,38	0,4096			7,36		
H_2O bis 160°	15,17	—			15,53	—			18,18		
Summe	99.74				99,60				99,39		

In I und II ist das Molecularverhältnis (V.) von $SiO_2 : R_2O_3 : (RO + H_2O)$ gleich 3 : 1 : 3. Diesem Verhältnis kommt bezüglich der Basen auch die Karpow'sche Analyse nahe, nur ist in derselben noch ein bedeutender Überschuß von SiO_2 vorhanden[1]). Die Formel der von mir untersuchten Wolkonskoite kann demnach so geschrieben werden:

$$\{H_2,Mg,Fe,Ca\}_3\{Cr,Fe,Al)_2Si_3O_{12},$$

wobei natürlich nur das über 160° entweichende Wasser in die Formel einbezogen ist.

Auffallend ist an der Formel die große Ähnlichkeit mit der Granatformel. Zum Beweise dieser großen Ähnlichkeit stelle ich einige Analysen des Uwarowits und des Wolkonskoits in nachfolgender Tabelle zusammen.

%	1.	2.	3.	4.	5.
SiO_2 . . .	37,11	36,79	27,34	36,04	37,14
Cr_2O_3 . .	22,54	27,54	25,30	24,79	22,77
Al_2O_3 . .	5,88	1,93	1,63	0,63	4,33
Fe_2O_3 . .	—	0,41	—	4,60	2,13
FeO . . .	2,44	—	16,66	4,65	3,46
MgO . . .	1,10	0,50	4,52	4,33	4,09
CaO . . .	30,34	32,74	24,06	2,33	2,77
H_2O geb. .	1,01	—	—	6,65	7,38
H_2O ads. .		—	—	15,17	15,53
Summe	100,42	99,91	100,01	99,74	99,60

1. Uwarowit von Komonen, Bissersk. Hintze, Handbuch 2, 81.
2. » » Kunsjärvi, Jahrbuch f. Mineralogie etc. 1902, 2, 362.
3. » ? » Rorös, Norwegen, Centralblatt 1907, 247[2]).
4. Wolkonskoit von Perm } analysiert vom Autor.
5. » » Echinovka } analysiert vom Autor.

Der einzige durchgreifende und bedeutende Unterschied ist der, daß die Uwarowite einen hohen CaO-Gehalt besitzen, dem beim Wolkonskoit ein hoher Gehalt an chemisch gebundenem Wasser gegenübersteht.

Das Schwanken des Fe_2O_3- und Al_2O_3-Gehaltes in meinen Analysen weist darauf hin, daß diese Stoffe einander ersetzen können. MgO und

1) Krotow (l. c.) kommt auf Grund dieser Analyse allerdings zu einer anderen, sehr complicierten Formel: $2(Ca,Mg).(Cr,Al,Fe)_2Si_{10}O_{.5}+6H_2O$ oder $2(Ca,Mg)SiO_3.(Cr,Al,Fe)_2(SiO_3)_3.5H_2SiO_3$. Er gesteht aber selbst zu, daß das Analysenmaterial nicht ganz rein gewesen sei, sodaß sich der Kieselsäureüberschuß aus beigemengtem Quarz, der aus dem kalkigen, permischen Sandstein stammen würde, erklären ließe.

2) Diese von Aars analysierte Substanz ist wohl nicht als Uwarowit anzusprechen, da der Gehalt an zweiwertigen Basen viel zu hoch ist.

CaO sind ziemlich constant, dagegen entspricht der Abnahme des *FeO*-Gehaltes eine Zunahme des Wassers und umgekehrt.

III. Über ein künstliches Chromkieselsäuregel.

Um die Genesis des Wolkonskoits zu studieren, versuchte ich ein Chromkieselsäuregel synthetisch darzustellen. Ich benutzte dazu Natronwasserglas und grünes Chromchlorid, und erhielt durch Zusammenrühren der stark verdünnten Lösungen schließlich ein graugrünes Gel, welches durch Dialyse gereinigt wurde.

Seine Eigenschaften sind dem des natürlichen Wolkonskoits sehr ähnlich. Es klebt an der Zunge, nimmt im Wasser unter Knistern und Zersplittern Wasser auf und ist schwer aufschließbar. Ich verglich Producte verschiedenen Alters. Ein zwei Jahre altes wurde von Säuren und Alkalien schwer, ein nur einige Monate altes leicht angegriffen. Es ist wahrscheinlich, daß der Unterschied in der Aufschließbarkeit des natürlichen und des künstlichen Gels nur eine Folge des verschiedenen Alters ist.

Fig. 5.

Constitution dieses Gels. Die Figg. 5 und 6 geben ein Bild von der Rolle des Wassers. Vergleicht man die Figg. 2 und 5, so fällt die Ähnlichkeit sofort auf, ebenso auch mit Fig. 3. Vergleicht man jedoch die Kurven in den Fig. 4 und 6, so ergibt sich, daß diese Kurven zwar ähnlich, aber doch nicht gleich sind. So ist z. B. die Kurve in beiden Fällen durch ein horizontales Stück in zwei Teile geteilt. Beim künstlichen Silikat liegt dieses jedoch vor, beim natürlichen nach 160°. Ferner ist der erste Kurvenast beim natürlichen Gel steiler ansteigend wie

Fig. 6.

beim künstlichen. Es dürfte dieses steilere Ansteigen des ersten Astes eine Folge des höheren Adsorptionswassergehaltes beim künstlichen Gel sein. Außerdem steigt beim ersteren der zweite Ast weniger steil als beim künstlichen an, bei welchem überdies dieser Ast durch eine horizontale Strecke zwischen 229° und 265° unterbrochen ist. Das beim Wolkonskoit eintretende Verfärben ist auch beim künstlichen Gel zu beobachten, und zwar schon bei 160°. Die Analyse ergab:

	%	Molekularquotienten		
		o	*a*	*b*
SiO_2	40,33	0,6678 =	0,5613	+ 0,1065
Cr_2O_3 . . .	28,47	0,1871	0,1871	
H_2O geb. . .	14,06	0,7744		
—	{= 10,12		0,5613	
—	+ 3,94}			0,2131
H_2O ads. . .	16,86			
Summe	99,72			

Aus der Kolonne *o* ergibt sich für das Verhältnis von $H_2O : Cr_2O_3 : SiO_2$ mit großer Annäherung der Wert 8 : 2 : 7. Daraus läßt sich die Formel $H_{16}Cr_4Si_7O_{28}$ ableiten, welche man auch in folgender Weise schreiben kann:

$$H_{12}Cr_4Si_6O_{24} + H_4SiO_4, \text{ oder } 2(H_6Cr_2Si_3O_{12}) + H_2SiO_4.$$

Die Richtigkeit dieser Auffassung wird durch die Entwässerungskurve bestätigt, aus der zu entnehmen ist, daß das ganze Wasser des Gels sich in drei Partien spaltet: In Adsorptionswasser, bis 130°, und Constitutionswasser, von dem ein Teil zwischen 160° und 229°, der andere über 265° entweicht. Der erste Teil macht 3,94 % aus, der zweite 10,12 %. Berechnet man unter Zugrundelegung des Molekularquotienten für das Chromioxyd die Zusammensetzung eines Orthosilikates $(H_2O)_3.Cr_2O_3.(SiO_2)_3$, so fällt sofort auf, daß dazu jene Menge H_2O nötig ist, welche oberhalb 265° entweicht. Bei dieser Berechnung ergibt sich ein Überschuß von SiO_2. Ordnet man diesem das Wasser zu, welches zwischen 160° und 229° frei wird, so reicht dieses hin, um das Wasserbedürfnis einer Orthokieselsäure zu befriedigen. (Siehe die Kolonnen *a* und *b* der Tabelle.)

Somit liegt eine Verbindung von etwa folgender Zusammensetzung vor:

$$n(H_2O)_3Cr_2O_3(SiO_3)_3 + m(H_2O)_2SiO_2 \text{ oder}$$
$$n(H_6Cr_2Si_3O_{12}) + m(H_4SiO_4).$$

Mit Rücksicht auf den ersten Teil der Formel könnte man an Stelle der einfachen Orthokieselsäure eine Polymerisation vermuten und daher die Formel auch so schreiben:

$$3n(H_6Cr_2Si_3O_{12}) + m(H_{12}Si_3O_{12}).$$

Der erste Teil der Formel stellt eine complexe Chromkieselsäure dar, die man auch Chromgranatkieselsäure nennen könnte. Man könnte sie aus der dreifachen Orthokieselsäure dadurch ableiten, das man sich $6H$ durch Cr_2 ersetzt denkt. Dieses Gel zeigt dieselbe Constitution wie der Wolkonskoit, nur mit dem Unterschiede, daß hier der Wasserstoff der complexen Säure durch keine Basen ersetzt ist, während dort ein teilweiser Ersatz stattgefunden hat.

IV. Genetische Betrachtungen.

Wendet man die eben gewonnenen Erfahrungen auf die Genesis des Wolkonskoits an, so dürfte sich dessen Bildung in der Weise abspielen, daß in der Nähe der Chromeisenerzlager des Ural stark verdünnte Chromisalzlösungen, vielleicht auch Chromhydroxyd-Hydrosole mit Alkalisilikatlösungen, die sich bei der Zersetzung feldspatiger Gemengteile der Gesteine ja höchstwahrscheinlich bilden, zusammentreffen, dabei ein Chromkieselsäurehydrosol bilden, das allmählich auch zweiwertige Basen sich angliedert. Der nunmehr schon complizierte Körper wird in großer Verdünnung von Bächen, Flüssen und auch vom Grundwasserstrom transportiert und gelangt schließlich auf diese Weise in den Sandstein der Gouvernements Perm, Wjatka usw. Für die Ausflockung des Gels dürfte der Kalkgehalt des permischen Sandsteines von nicht geringer Bedeutung sein. Es ist begreiflich, daß der Sandstein dort, wo er von genügend feinem Korn ist, und Hohlräume umschließt, als Dialysator wirkt. Wie wenig indes die Kalklösungen in dieser Lagerstätte des Wolkonskoits auf ihn chemisch einwirken, das zeigt der relativ geringe Kalkgehalt desselben. Es liegt da eine gewisse Ähnlichkeit mit $NaCl$-Lösungen vor, die auch, wenn sie in größeren Mengen vorhanden sind, pektisierend auf das künstliche Chromkieselsäuregel wirken, ohne sich an der Constitution dieses Körpers zu beteiligen.

Versuche, die ich mit Kalk-, Magnesia- und Ferrosalzen, sowie Chromi- und Aluminiumsalzen einerseits, und Wasserglaslösung andererseits machte, um die Bildung eines complicierter zusammengesetzten Gels zu studieren, haben ergeben, daß das sogenannte Constitutionswasser des Gels durch die zweiwertigen Basen vollkommen ersetzbar ist. Ich verwendete ungefähr gleichgroße Mengen der genannten Stoffe mit Ausnahme von Wasserglas, welches im Überschuß angewendet wurde, und machte die Erfahrung, daß relativ viel Kalk, wenig Magnesia, am wenigsten Eisenoxydul, ferner viel Chrom, ganz untergeordnet nur Tonerde in das Gel eintritt. Ich führe diesen Versuch nur vorläufig an und bemerke, daß weitere Untersuchungen über diese Frage im Gange sind.

Zum Schlusse möchte ich über die Resultate dieser Arbeit noch eine kleine Übersicht geben.

1. Das Cornu'sche Gesetz der Homoisochemite scheint nun auch für den Typus »Granat« seine Bestätigung gefunden zu haben. Zwar wird man schwerlich im permischen Sandstein, weit ab von der Ursprungsstätte, einen Wolkonskoit antreffen, der dem Uwarowit vollkommen entspricht, in der Nähe der Chromerzlager wäre dies aber sehr wohl möglich.

2. Es ergibt sich, daß der Wolkonskoit, so wie viele andere Gele, imstande ist, durch Umstehen krystallin zu werden, und der von Krotow (l. c.) erwähnte, doppeltbrechende Wolkonskoit von Uchtym wäre der Beleg dafür. Auffallend bleibt es immerhin, daß dieser Wolkonskoit doppeltbrechend ist, und es wäre interessant, zu ermitteln, inwieweit diese Doppelbrechung mit den optischen Anomalien, die gerade die Kalktongranaten, bezw. die Kalkchromgranaten zeigen, in Beziehung zu bringen ist.

Endlich möchte ich mir noch erlauben, meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. R. Scharizer für die Förderung, die er mir in jeder Weise angedeihen ließ, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Graz, Mineralogisches Institut der Universität.
Februar 1913.

XXXIV. Über die Entwicklung der Krystallflächen im Anschluß an neue Beobachtungen am Binnit.

Von

H. Baumhauer in Freiburg (Schweiz).

(Nebst Bemerkungen zu den Versuchen von Laue, Friedrich und Knipping.)

Literatur.

1. H. Baumhauer, Deutlich hemiëdrische Binnitkrystalle. Diese Zeitschr. 1893, **21**, 202.
2. C. O. Trechmann, Binnite from Imfeld in the Binnenthal. Mineralogical Magazine 1893, **10**, No. 47, 220. Ausz. Diese Zeitschr. **25**, 299.
3. H. Baumhauer, Neue Beobachtungen am Binnit und Dufrenoysit. Diese Zeitschr. 1897, **28**, 545.
4. Derselbe, Untersuchungen über die Entwicklung der Krystallflächen im Zonenverbande. Diese Zeitschr. 1904, **38**, 628.
5. Derselbe, Über Flächenentwicklung und Krystallstructur des rhombischen Schwefels und des Anatas. Centralblatt f. Min. etc. 1903, 666. Ausz. Diese Zeitschr. **41**, 523.
6. Derselbe, Über die Aufeinanderfolge und die gegenseitigen Beziehungen der Krystallformen in flächenreichen Zonen. Sitz.-Ber. Preuß. Akad. der Wiss. 1904, 543. Ausz. Diese Zeitschr. **42**, 633.
7. Derselbe, Über das Gesetz der Complication und die Entwicklung der Krystallflächen in flächenreichen Zonen. Fortschritte der Mineralogie etc. Jena 1911, **1**, 22.
8. Derselbe, Über die Krystalle des Carborundums. Diese Zeitschr. 1911, **50**, 33.

In den oben unter 4—8 aufgeführten Abhandlungen, sowie in der Schrift des Verfs. »Die neuere Entwicklung der Krystallographie«, Braunschweig 1905, S. 137—142, wurde gezeigt, daß den flächenreichen Zonen im allgemeinen eine primäre Reihe von Flächen zugrunde liegt, welche sich von einer Ausgangsfläche von meist complicierterem Symbol nach einer Zielfläche von einfacherem Symbol hinzieht, und deren Glieder sich durch eine constante Differenz gewisser Indices unterscheiden. Durch Complication, insbesondere zwischen den benachbarten Anfangsgliedern einer solchen primären Reihe, lassen sich weitere, weniger häufige Formen derselben Zone ableiten. Dieser Zonenbau steht ohne Zweifel in innigster Beziehung zum

Raumgitter der betreffenden Krystalle, die Art und Anordnung der verschiedenen primären Reihen eines Krystalles gibt deshalb einen Fingerzeig für die Ermittlung des ihm zukommenden Raumgitters.

In dem speciellen Falle hingegen, wo Ausgangs- und Zielfläche gleichartig oder gleichwertig (gleich stark) sind, wird die Entwicklung der zwischen beiden liegenden Flächen voraussichtlich in Form einer sogen. Goldschmidt'schen Normalreihe stattfinden.

Von besonderer Bedeutung ist die Differenz zwischen den Indices der aufeinander folgenden Glieder einer primären Reihe. Dieselbe beträgt wohl in den meisten Fällen 1, z. B.:

1. (101) (111) (121) (131) (141) (151) (161) (171) (181) (191) . . . (010) — Jordanit, zuweilen aber ist sie gleich 2, 3 oder 4, z. B.:
2. (111) (113) (115) (117) (119) . . . (001) rhombischer Schwefel,
3. $(10\bar{1}1)$ $(40\bar{4}1)$ $(70\bar{7}1)$ $(10.0,\overline{10}.1)$ $(13.0.\overline{13}.1)$ $(16.0.\overline{16}.1)$ . . . $(10\bar{1}0)$ — Calcit,
4. (121) $(12\bar{3})$ $(12\bar{7})$ $(1.2.\overline{11})$ $(1.2.\overline{15})$ . . . $(00\bar{1})$ — Klinohumit.

Die dritte Reihe (Calcit) wandelt sich bei Anwendung der Miller'schen dreizifferigen Symbole um in:

$$(100)\ (3\bar{1}\bar{1})\ (5\bar{2}\bar{2})\ (7\bar{3}\bar{3})\ (9\bar{4}\bar{4})\ (11.\bar{5}.\bar{5})\ \ldots\ (2\bar{1}\bar{1}).$$

Die erste Indexdifferenz ist dann gleich 2, die Differenz der aufeinanderfolgenden Symbole direct gleich dem Symbol $(2\bar{1}\bar{1})$ der Zielfläche, während sie beim rhombischen Schwefel und Klinohumit gleich dem doppelten bezw. vierfachen Symbol derselben ist.

»Bei der Untersuchung der oft so zahlreichen Krystallformen eines Körpers ist es notwendig, die Häufigkeit der einzelnen Flächen — auch für verschiedene Fundorte — statistisch festzustellen und so die Anordnung der wichtigsten Zonen und die darin etwa auftretenden primären Reihen zu ermitteln. Dabei können immerhin einzelne Flächen innerhalb einer solchen Zone unerwartet häufig erscheinen [wie z. B. (611) in der Zone (111) : (100) beim Binnit oder $(51\bar{6}1)$ in der Zone $(11\bar{2}1)$: $(10\bar{1}0)$ des Quarzes] oder andere gegen Erwarten seltener sein [z. B. $(21\bar{3}1)$ in der genannten Zone des Quarzes, (115) in der Protopyramidenzone des Anatas mit der Indexdifferenz 2, also gegenüber (113) und (117)] oder endlich auch bisher noch gar nicht beobachtet sein. Ersteres ist eventuell durch gleichzeitige Zugehörigkeit der betreffenden Fläche zu mehreren wichtigen, sich dort schneidenden Zonen zu erklären; alle diese scheinbaren Unregelmäßigkeiten können auch eine noch verborgene Ursache haben.« Indem ich diese Sätze aus der oben unter 7. citierten Abhandlung anführe, möchte ich an die auf (611) des Binnit bezügliche Bemerkung anknüpfen, als eine Erscheinung betreffend, welche nun durch die weiterhin mitzuteilenden Beobachtungen eine andere, einfachere Deutung erfährt.

Die Krystalle des hexakistetraëdrischen Binnits sind oft sehr gut ausgebildet, wobei jedoch die Zahl der einzelnen Formen meist keine große ist. Man findet gewöhnlich {100} und {110, $\{1\bar{1}1\}$ und — meist weniger gut — {111}, ferner {211} und $\{2\bar{1}1\}$, endlich {321} und (seltener) {322}, häufig auch, wie bemerkt, {611}. Andere Formen sind selten. Der von mir früher (s. Literatur 3.) angegebenen Liste der als sicher anzunehmenden Formen sind jedoch nach meinen neuen Beobachtungen und nach wiederholter Prüfung älterer Angaben von Trechmann noch einige weitere hinzuzufügen, darunter einzelne, die ich früher als unsicher bezeichnete, so {311}, {922}, {911}.

Ein glücklicher Zufall brachte nämlich vor kurzem einen etwa 3 mm großen Binnitkrystall in meinen Besitz, welcher sich als vortrefflich gebildet und in der Zone der positiven Triakistetraëder als außerordentlich flächenreich erwies. Dabei zeigt er kaum eine Spur von natürlicher Corrosion. Es gelang, den so sehr zerbrechlichen Krystall zunächst unversehrt von der Stufe (Dolomit) abzulösen, doch zerbrach er später in zwei Teile, ohne daß dies jedoch der Ausführung der Messungen hinderlich wurde. Der Krystall zeigt stark entwickelt {110}, {100}, $\{2\bar{1}1\}$, dann aber mehrere schmale, je von einer parallel zu (100):(111) gestreiften Würfelfläche ausgehende Triakistetraëderzonen mit vielen stark glänzenden Flächen, welche zuletzt bei etwa (211) in einem gerundeten Bande endigen, das keine gesonderten Reflexe mehr gibt. Ich konnte in fünf solchen Zonen bezw. Zonenstücken Messungen ausführen; die Resultate sind in der Tabelle auf S. 583 zusammengestellt (die einzelnen Flächen der Zonenstücke I—V sind daselbst in der am Krystall beobachteten Reihenfolge aufgeführt, die mit * bezeichneten Formen sind neu).

Was bei der Betrachtung dieser Tabelle zunächst auffällt, ist das Auftreten von Triakistetraëdern, welche eine primäre Reihe mit der sonst noch nicht beobachteten hohen Indexdifferenz 6 bilden:

(611) (12.1.1) (18.1.1) (24.1.1) (30.1.1).

Indem (611) das Anfangsglied dieser Reihe bildet, verliert das häufige Erscheinen dieser Fläche bezw. Form das Ungewöhnliche. Nur zwischen (611) und (12.1.1) schiebt sich eine secundäre Form (911) = (18.2.2 = (611)+(12.1.1) ein, dann folgen auf (12.1.1) direct (18.1.1), (24.1.1) und (30.1.1). Indessen scheint (611) doch nicht in Wirklichkeit das erste Glied, die Ausgangsfläche der ganzen Reihe zu sein, sondern letztere dürfte — bei der Zielfläche (100) — mit (011) beginnen, wenngleich in dem Stücke (011)—(611) wegen des Einschneidens anderer wichtiger Zonen keine ganz normale Entwicklung zu erwarten ist. Denkt man sich hier die Complication nur bis zum vierten Grade fortgesetzt und nimmt dabei keine Vereinfachung der Symbole vor, so erhält man folgende Reihe:

I	IV	III	IV	II	IV	III	IV	I
(011)	(644)	(633)	(12.5.5)	(622)	(18.5.5)	(12.3.3)	(18.4.4)	(611)
	=(322)	=(211)		=(311)		=(411)	=(922)	

Winkeltabelle.

	Ber. Wert:	Zone I:	Zone II:	Zone III:	Zone IV:	Zone V:
*(944)	32° 9′	32°15′	—	32° 7½′	—	—
(311)	25 14⅓	—	—	25 12½	—	—
*(18.5.5)	21 26¾	—	—	21 18	—	—
(411)	19 28¼	19 28	—	19 27¾	19 28½	—
(922)	17 26¾	17 25½	—	17 27¾	—	—
(611)	13 15¾	13 14¾	—	13 19½	13 16	—
(911)	8 55¾	—	—	8 58¾	—	—
(12.1.1)	6 43¼	6 42½	—	6 42¾	6 42½	—
*(18.1.1)	4 29½	4 23	—	4 29	—	4 17½
*(24.1.1)	3 22⅓	—	—	3 20½	—	—
(100)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
*(30.1.1)	2 42	—	—	—	—	2 44½
*(24.1.1)	3 22⅓	3 23	—	—	—	—
*(18.1.1)	4 29½	4 29¼	—	—	—	—
(12.1.1)	6 43¼	6 41½	6 44¾	6 39	6 39½	—
(911)	8 55¾	8 55½	—	—	—	8 53¾
(611)	13 15¾	13 14¾	13 16½	13 15	—	13 13½
(922)	17 26¾	17 25	17 28	—	—	—
(411)	19 28¼	19 27¼	19 31½	19 37½ (?)	—	—
*(18.5.5)	21 26¾	21 23¾	—	21 31¼	—	21 38½
(311)	25 14⅓	25 11½	25 8	25 18½	—	25 19
*(29.10.10)	25 59¾	26 5	25 57¾	—	—	—
*(833)	27 56¼	27 50½	—	—	—	—
(12.5.5)	30 30½	30 31	—	30 43	—	—
(211)	35 15¾	—	35 17¼	—	—	—

Außerdem könnte noch ein äußerst schwaches Signal in Zone I, welches 29°18¾′ ergab, und ein anderes in Zone II, das 29°56′ lieferte, vielleicht auf (522) — berechnet 29°29¾′ — zurückgeführt werden. Ferner kann ein ziemlich schwaches und etwas unbestimmtes Signal in Zone III, zu 26°28½′ führend, auf die zu (311) vicinale Fläche *(17.6.6) — berechnet 26°31½ — bezogen werden.

Die Flächen obiger Reihe treten mit Ausnahme von (322) sämtlich an unserem Krystalle auf; (322) wurde aber von mir schon früher, wenn auch wenig gut ausgebildet, am Binnit beobachtet (s. Literatur 1.). Ich fand damals, nur annähernd stimmend:

(322) : (211) = 7°46; ber. 8°3′.

Abgesehen hiervon ist die Übereinstimmung der beobachteten mit den durch Complication abgeleiteten Symbolen eine auffallende. (944) würde sich infolge Complication 5ten Grades zwischen (633) und (12.5.5) einschieben; (833), einmal beobachtet, erst infolge Complication 6ten Grades zwischen (622) und (12.5.5) seinen Platz finden. (17.6.6) und (29.10.10) sind wohl als Vicinale zu (622) = (311) zu betrachten; (522) ist an diesem Krystall noch nicht hinreichend sichergestellt.

Hinsichtlich der Zahl der beobachteten Flächen der einzelnen Formen ergibt sich aus der Tabelle folgendes (der Grad der Complication ist durch I—VI bezeichnet):

I.	II.	III.
(611) . . . 7	(311) . . . 5	(211) . . . 1
(12.1.1) . . . 7	(911) . . . 3	(sonst häufiger)
(18.1.1) . . . 4		(411) . . . 6
(24.1.1) . . . 2		
(30.1.1) . . . 1		

IV.	V.	VI.
(12.5.5) . . . 2	(944) . . . 2	(833) . . . 1
(18.5.5) . . . 4	(vielleicht 3)	
(922) . . . 4		

Diese Häufigkeitszahlen entsprechen so gut, wie es bei der Untersuchung eines einzigen Krystalles möglich erscheint, der hier gegebenen Ableitung der verschiedenen Formen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß {011} in der Tabelle zwar nicht aufgeführt, aber ebenso wie {100} mit mehreren Flächen am Krystall vertreten ist, ebenso daß die sonst häufige Form {211} in der Tabelle zufällig nur mit einer Fläche erscheint. Ihre Flächen stellen hier den Schluß des betreffenden, von den zahlreichen Triakistetraëderflächen gebildeten Zonenbandes dar und sind dabei gerundet, weshalb sie meist kein gutes Signal geben können. Das Tetraëder {111}, ebenfalls dieser Zone angehörend, ist zwar an manchen Binnitkrystallen im Gegensatz zu $\{1\bar{1}1\}$ wenig gut entwickelt, gleichsam verkümmert, allein es ist keine seltene Form, obschon nach obiger Ableitung von hoher Complication. Da seine Flächen dort liegen, wo wichtigste Zonen einschneiden, so nimmt es eine Ausnahmestellung ein.

Wie man sieht, treten also an den Krystallen der verschiedenen Körper primäre Reihen mit den Indexdifferenzen 1, 2, 3, 4 oder 6 auf. Während aber nur im ersten Falle die zwischen zwei benachbarten primären Flächen stattfindende Complication eindeutige Resultate liefert, ist in den anderen Fällen eine Mehrdeutigkeit insofern möglich, als die durch Complication zunächst erhaltenen Indices bezw. Symbole bei weiterer Complication vereinfacht werden können oder nicht. So ist z. B. (111) + (113) = (224)

bezw. (112). Kürzt man (224) nicht ab, so erhält man bei weiterer Complication zwischen (111) und (113) folgende Reihe:

	I	III	II	III	I
1)	(111)	(335)	(224)	(337)	(113),

welche sich beim Schwefel (dessen primäre Reihe oben angeführt wurde) in Wirklichkeit zeigt, nicht aber die bei der Abkürzung von (224) zu (112) erhaltene Reihe:

2) (111) (223) (112) (225) (113).

Geht man weiter bis zum vierten Grade der Complication, so erhält man im ersten Falle:

1) (111) (446) (335) (559) (224) (5.5.11) (337) (4.4.10) (113),
= (223) = (112) = (225)

genau übereinstimmend mit den beim Anatas (bei Indexdifferenz 2) zwischen (111) und (113) beobachteten Flächen. Im anderen Falle würde man erhalten:

2) (111) (334) (223) (335) (112) (337) (225) (338) (113).

In den Symbolen (hkl) obiger Reihen ergibt der Quotient $\frac{l}{h}$ folgende Werte:

1.	Differenz:	2.	Differenz:
1,000		1,000	
	. . . 0,500		. . . 0,333
1,500		1,333	
	. . . 0,166		. . . 0,166
1,666		1,500	
	. . . 0,133		. . . 0,166
1,800		1,666	
	. . . 0,200		. . . 0,333
2,000		2,000	
	. . . 0,200		. . . 0,333
2,200		2,333	
	. . . 0,133		. . . 0,166
2,333		2,500	
	. . . 0,166		. . . 0,166
2,500		2,666	
	. . . 0,500		. . . 0,333
3,000		3,000	

Die Reihe der Differenzen bei 2. zerfällt nach Art und Anordnung der letzteren in zwei gleichartige Teile, sodaß dort (112) dieselbe Rolle spielt wie (111) und (113), also — was hier nicht der Fall sein soll — wie diese ein Glied der primären Reihe ist, während bei 1. die ganze, symmetrisch gebaute Reihe der Differenzen ein einheitliches, nicht in zwei gleiche Teile zerfallendes Ganzes darstellt, wie es dem wirklichen Verhältnisse bei der Indexdifferenz 2 entspricht.

Bei den positiven und negativen Rhomboëdern des Calcits findet man primäre Reihen mit der Indexdifferenz 3, so bei folgenden Zonenstücken

positiv:

$(10\bar{1}1)$ $(40\bar{4}1)$ $(70\bar{7}1)$ $(10.0.\overline{10}.1)$ $(13.0.\overline{13}.1)$ $(16.0.\overline{16}.1)$ $(19.0.\overline{19}.1)$ . . $(10\bar{1}0)$,

negativ:

$(02\bar{2}1)$ $(05\bar{5}1)$ $(08\bar{8}1)$ $(0.11.\overline{11}.1)$ $(0.14.\overline{14}.1)$ $(0.17.\overline{17}.1)$ . . . . $(01\bar{1}0)$.

Zwischen $(10\bar{1}1)$ und $(40\bar{4}1)$ treten auf $(20\bar{2}1)$, $(50\bar{5}2)$, $(30\bar{3}1)$; zwischen $(40\bar{4}1)$ und $(70\bar{7}1)$ wurden gefunden $(50\bar{5}1)$, $(11.0.\overline{11}.2)$, $(60\bar{6}1)$, $(13.0.\overline{13}.2)$. Zwischen $(02\bar{2}1)$ und $(05\bar{5}1)$ erscheinen u. a. $(05\bar{5}2)$, $(0.11.\overline{11}.4)$, $(03\bar{3}1)$, $(0.16.\overline{16}.5)$, $(0.13.\overline{13}.4)$, $(07\bar{7}2)$, $(04\bar{4}1)$, $(09\bar{9}2)$.

Hier beim Calcit läßt die einfache Addition der Indices und der Befund der Flächen, wie auch die Bildung der Quotientdifferenzen (für $\frac{k}{l}$ aus $(hikl)$) es zweifelhaft erscheinen, ob man zur Herleitung der quartären Flächen die Symbole der tertiären vereinfachen muß oder nicht. Denn jedesmal ergibt sich eine Reihe von Differenzen, welche ein zusammenhängendes Ganzes bildet, wie folgende bis zur Complication vierten Grades steigende Zahlenreihen zwischen $(10\bar{1}1)$ und $(40\bar{4}1)$, sowie zwischen $(02\bar{2}1)$ und $(05\bar{5}1)$ zeigen [1) ohne, 2) mit Vereinfachung der tertiären Symbole]:

A. 1) $(10\bar{1}1)$ $(70\bar{7}4)$ $(60\bar{6}3)$ $(11.0.\overline{11}.5)$ $(50\bar{5}2)$ $(14.0.\overline{14}.5)$ $(90\bar{9}3)$ $(13.0.\overline{13}.4)$ $(40\bar{4}1)$.

A. 2) $(10\bar{1}1)$ $(30\bar{3}2)$ $(20\bar{2}1)$ $(70\bar{7}3)$ $(50\bar{5}2)$ $(80\bar{8}3)$ $(30\bar{3}1)$ $(70\bar{7}2)$ $(40\bar{4}1)$.

B. 1) $(02\bar{2}1)$ $(0.11.\overline{11}.4)$ $(09\bar{9}3)$ $(0.16.\overline{16}.5)$ $(07\bar{7}2)$ $(0.19.\overline{19}.5)$ $(0.12.\overline{12}.3)$ $(0.17.\overline{17}.4)$ $(05\bar{5}1)$.

B. 2) $(02\bar{2}1)$ $(05\bar{5}2)$ $(03\bar{3}1)$ $(0.10.\overline{10}.3)$ $(07\bar{7}2)$ $(0.11.\overline{11}.3)$ $(04\bar{4}1)$ $(09\bar{9}2)$ $(05\bar{5}1)$.

A. 1.

	Differenz:
1,000	
	. . . 0,750
1,750	
	. . . 0,250
2,000	
	. . . 0,200
2,200	
	. . . 0,300
2,500	
	. . . 0,300
2,800	
	. . . 0,200
3,000	
	. . . 0,250
3,250	
	. . . 0,750
4,000	

A. 2.

	Differenz:
1,000	
	. . . 0,500
1,500	
	. . . 0,500
2,000	
	. . . 0,333
2,333	
	. . . 1,666
2,500	
	. . . 1,666
2,666	
	. . . 0,333
3,000	
	. . . 0,500
3,500	
	. . . 0,500
4,000	

B. 1.

	Differenz:		Differenz:
2,000		3,500	
	. . . 0,750		. . . 0,300
2,750		3,800	
	. . . 0,250		. . . 0,200
3,000		4,000	
	. . . 0,200		. . . 0,250
3,200		4,250	
	. . . 0,300		. . . 0,750
3,500		5,000	

B. 2.

	Differenz:
2,000	
	. . . 0,500
2,500	
	. . . 0,500
3,000	
	. . . 0,333
3,333	
	. . . 0,166
3,500	

	Differenz:
3,500	
	. . . 0,166
3,666	
	. . . 0,333
4,000	
	. . . 0,500
4,500	
	. . . 0,500
5,000	

Vertauscht man nun aber die vierzifferigen Symbole mit den dreizifferigen Miller'schen, so kommt man zu dem Resultat, daß die ersteren bei den tertiären Flächen nicht zu vereinfachen sind. Dann liefern sie nämlich dasselbe Ergebnis hinsichtlich der weiterhin abgeleiteten quartären Flächen wie die dreizifferigen Symbole, bei welchen überhaupt keine Vereinfachung und demnach auch keine Verschiedenheit möglich ist:

A. $\begin{cases} (100)\ (6\bar{1}\bar{1})\ (5\bar{1}\bar{1})\ (9\bar{2}\bar{2})\ (4\bar{1}\bar{1})\ (11.\bar{3}.\bar{3})\ (7\bar{2}\bar{2})\ (10.\bar{3}.\bar{3})\ (3\bar{1}\bar{1}). \\ (10\bar{1}1)\ (70\bar{7}4)\ (60\bar{6}3)\ (11.0.\overline{11}.5)\ (50\bar{5}2)\ (14.0.\overline{14}.5)\ (90\bar{9}3)\ (13.0.\overline{13}.4) \\ (40\bar{4}1). \end{cases}$

B. $\begin{cases} (11\bar{1})\ (55\bar{6})\ (44\bar{5})\ (77\bar{9})\ (33\bar{4})\ (8.8.\overline{11})\ (55\bar{7})\ (7.7.\overline{10})\ (22\bar{3}). \\ (02\bar{2}1)\ (0.11.\overline{11}.4)\ (09\bar{9}3)\ (0.16.\overline{16}.5)\ (07\bar{7}2)\ (0.19.\overline{19}.5)\ (0.12.\overline{12}.3) \\ (0.17.\overline{17}.4)\ (05\bar{5}1). \end{cases}$

Am Klinohumit sind in der oben angeführten Reihe mit der Indexdifferenz 4 außer (120) keine weiteren, auf Complication zurückführbaren Flächen bekannt. Eine primäre Reihe mit der Indexdifferenz 5 wurde überhaupt noch nicht beobachtet. Der Binnit weist aber, wie gezeigt wurde, in der Zone der positiven Triakistetraëder eine solche mit der Indexdifferenz 6 auf. Dabei deuten die zwischen den primären Gliedern beobachteten Flächen darauf hin, daß auch hier bei weiterer Complication keine Vereinfachung der erhaltenen Symbole vorzunehmen ist. Man erhält dabei wie beim entgegengesetzten Verfahren (bei Vereinfachung der Symbole) für (011)—(611) folgende Reihen und Differenzen der Indexquotienten $\frac{h}{k}$:

1) (011) (644) (633) (12.5.5) (622) (18.5.5) 12.3.3) (18.4.4) (611),
2) (011) (111) (322) (211) (311) (411) (922) (511) (611).

1.

	Differenz:
0,000	
	. . . 1,500
1,500	
	. . . 0,500
2,000	
	. . . 0,400
2,400	
	. . . 0,600
3,000	
	. . . 0,600
3,600	
	. . . 0,400
4,000	
	. . . 0,500
4,500	
	. . . 1,500
6,000	

2.

	Differenz:
0,000	
	. . . 1,000
1,000	
	. . . 0,500
1,500	
	. . . 0,500
2,000	
	. . . 1,000
3,000	
	. . . 1,000
4,000	
	. . . 0,500
4,500	
	. . . 0,500
5,000	
	. . . 1,000
6,000	

Nur im ersten Falle entsteht durch die Complication zwischen (011) und (611) eine zusammenhängende, nicht in zwei gleichartige Hälften teilbare Reihe, und mit dieser Reihe stimmen die daselbst an dem in Rede stehenden Krystall beobachteten Flächen gut überein.

Daß in den primären Reihen, welche so vielen flächenreichen Zonen zugrunde liegen, bisher nur die Indexdifferenzen 1, 2, 3, 4 und 6 beobachtet wurden, ist vielleicht in ähnlicher Weise auf ein allgemeines, den Bau der Krystalle beherrschendes Gesetz zurückzuführen, wie die ausschließliche Möglichkeit von ein-, zwei-, drei-, vier- und sechszähligen Deckaxen, wobei unter solchen Axen ausgezeichnete Kantenrichtungen verstanden sein sollen, d. h. solche, die sich von unmittelbar benachbarten infolge der herrschenden Symmetrieverhältnisse wesentlich unterscheiden[1]).

In der soeben erschienenen Schrift »Statische und kinetische Krystalltheorien, I« bemerkt J. Beckenkamp (S. 44—45): »Je kürzer der Weg ist, um von den vier ein Bisphenoid bildenden Ausgangsflächen auf arithmetischem oder geometrischem Wege zu anderen Flächen zu gelangen, um so wahrscheinlicher und um so häufiger wird die betreffende Fläche mit den vier Ausgangsflächen zusammen vorkommen. Geben wir den vier Ausgangsflächen die einfachsten Indices (001), (010), (100), (111), so kann man auch sagen: Irgendeine andere Fläche wird mit den vier Ausgangsflächen um so wahrscheinlicher und um so häufiger zusammen vorkommen, je einfacher ihre Indices sind«.

Wie man aber aus obigen Darlegungen ersieht, wird die Geltung dieser Regel wesentlich modificiert und eingeschränkt durch das Gesetz der primären Reihen, insbesondere aber durch das Auftreten solcher Reihen, in welchen die Indexdifferenz nicht gleich 1, sondern gleich 2, 3, 4 oder 6 ist. Die Häufigkeit der verschiedenen Flächen richtet sich hierbei nicht nach der absoluten Einfachheit ihrer Indices, sondern nach ihrer Stellung bezw. ihrem Range (Grad der Complication) in der betreffenden Flächenreihe, wobei Flächen mit höheren Indices oft häufiger sind als solche mit einfacherem Symbol.

Die hochinteressanten Beobachtungen von M. Laue[2]) und seinen Mitarbeitern (W. Friedrich und P. Knipping) über die durch Röntgenstrahlen beim Durchgange durch Krystallplatten hervorgerufenen Beugungserscheinungen eröffnen eine weite Aussicht für die Fortschritte unserer Kenntnis der den einzelnen Krystallen zukommenden Raumgitter[3]). Vielleicht versprechen sie auch Aufklärung über die Frage, ob schon den Mole-

---

1) Vergl. hierüber die Schrift des Verfs.: »Darstellung der 32 möglichen Krystallklassen auf Grund der Deck- und Spiegelaxen.« Leipzig 1899.

2) Sitz.-Ber. d. K. Bayer. Akad., 6. Juli 1912, 303 und 363.

3) Vergl. indes die nachfolgenden Bemerkungen zu diesen Beobachtungen, welche der Verf. nicht glaubte unterdrücken zu sollen.

külen der Krystalle bestimmte Arten der Symmetrie zuzuschreiben seien, oder ob der Grad der Krystallsymmetrie zunächst nur von der Art des betreffenden einfachen oder zusammengesetzten Punktsystems abhängt, ob also die ursprüngliche Bravais'sche oder die von Sohncke vertretene Auffassung den Vorzug verdiene. Das gleiche Ziel verfolgen die von mir aufgenommenen Untersuchungen über die Flächenentwicklung der Krystalle. Eine eingehende, möglichst allseitig durchgeführte Prüfung dieser Entwicklung und der Anordnung der Zonen wird ohne Zweifel ein wichtiges, zunächst freilich von bestimmten theoretischen Vorstellungen freies Material liefern, welches aber von großer Bedeutung für die Lösung jener Fundamentalfragen der Krystallographie zu werden verspricht.

Bemerkungen zu den Versuchen von Laue, Friedrich und Knipping. In einem soeben erschienenen Aufsatze (diese Zeitschrift, 52, 61) spricht sich W. Friedrich über die erwähnten Versuche folgendermaßen aus: »Neben dem Beweise für die Interferenzfähigkeit der Röntgenstrahlen geben die Versuche viele für die Krystallographie wichtige Aufschlüsse über den Bau der Krystalle. Obwohl die Zinkblende einer hemiëdrischen Klasse des regulären Systems angehört, die keine vierzähligen Symmetrieaxen besitzt, haben wir in der, die Erscheinung bei einer hexaëdrischen Platte darstellenden Figur völlig ausgeprägte Vierzähligkeit. Diese Tatsache ist wohl ein strikter Beweis für die Raumgittertheorie der Krystalle und zeigt, daß keine andere Eigenschaft als allein das Raumgitter hier in Betracht kommt. Denn die Raumgitter haben stets holoëdrische Symmetrie; Combinationen von Raumgittern verschiedener Stellung gegeneinander, wie sie zur Erklärung der Hemiëdrien angenommen werden müssen, sind nach den Versuchen und nach unserer Theorie ohne Einfluß. Die Anforderung der Symmetrie fand auch weiterhin ausnahmslos Bestätigung. So zeigt eine zweite Figur die Dreizähligkeit. Die Primärstrahlen fielen senkrecht auf eine Oktaëderfläche. Auch die Zweizähligkeit ließ sich erreichen, wenn die Krystallplatte senkrecht zu einer Rhombendodekaëderfläche bestrahlt wurde. Bei der Berechnung der Wellenlänge wurde ein einfaches kubisches Raumgitter verwertet. Daß die Zinkblende diesen Fall realisiert, ist von vornherein nicht anzunehmen, vielmehr spricht die Spaltbarkeit dafür, daß man es mit einem complicierten, dem rhombendodekaëdrischen Raumgitter zu tun hat. Die Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen geben vielleicht ein Mittel, das specielle Raumgitter zu ermitteln«.

Aus diesen Sätzen wie auch aus der Tatsache, daß Zinkblende, Steinsalz und Flußspat — alle drei mit verschiedener, in der Spaltbarkeit hervortretender Structur — bei der Bestrahlung ganz analoge Erscheinungen darbieten, geht hervor, daß hier noch mancherlei Fragen der Aufklärung harren. Es sei mir deshalb gestattet, an dieser Stelle auf einen Punkt

aufmerksam zu machen, welcher vielleicht für die richtige Auffassung der von Laue und seinen Mitarbeitern beschriebenen Erscheinungen von Bedeutung sein könnte. Es handelt sich um Beobachtungen, die ich schon vor längerer Zeit, zum Teil bei Gelegenheit von Ätzversuchen, gemacht habe. Schon 1879 fand ich, daß Spaltungsplatten von Zinnwaldit eine eigentümliche innere (nicht Oberflächen-)Streifung erkennen lassen, indem sie aus vielen dünnen und nach vier unter 120° bezw. 30° zueinander geneigten Richtungen — parallel zu (001) : (110), (1$\bar{1}$0), (100) und (010) — verlaufenden Schichten aufgebaut sind (s. diese Zeitschr. 3, 113 und Taf. III). Diese Schichten sind bei dickeren, ungeätzten Platten schon im gewöhnlichen, durchfallenden, sonst erst im polarisierten Lichte zu erkennen. Durch die so gebildeten, verschieden gerichteten Gittersysteme zerfällt die betreffende Krystallplatte in ebenso viele Sectoren. In betreff der Details sei auf die ausführliche Beschreibung in der citierten Arbeit verwiesen.

Während hier der schichtenförmige Bau an den ungeätzten Platten hervortritt, bemerkt man in anderen Fällen eine ähnliche Structur nach sehr kurzer Ätzung. So zeigt eine in meinem Besitz befindliche Spaltungsplatte von Topas, welche mit geschmolzenem Ätzkali behandelt wurde, auf der Basis eine äußerst feine Streifung nach den Kanten mit (100), (110) und (010), welche mit einem Zerfall der Platte in mehrere Sectoren verbunden ist. Diese Sectoren treten auch zum Teil zwischen gekreuzten Nikols und nach Einschaltung des empfindlichen Gypsblättchens hervor, die feinen Streifen aber sind darauf zurückzuführen, daß der Krystall aus concentrischen Schichten aufgebaut ist, die sich nur abwechselnd gegen das Ätzmittel gleich verhalten, vielleicht entsprechend einer ungleichen Dichtigkeit der direct benachbarten Schichten. Möglicherweise hat man es hierbei mit zwei isomorphen Componenten zu tun, welche in abwechselnden Schichten den Krystall aufbauen. Ein Schnitt, durch den Krystall geführt, bietet demnach ein System von verschieden orientierten, feinen Gittern dar, welche durch die Ätzung sichtbar gemacht werden.

Daß aber auch solche Krystalle, welche weder optische Anomalien zeigen, noch als aus isomorphen Substanzen aufgebaut betrachtet werden können, einen derartigen schichtenförmigen Bau aufzuweisen vermögen, lehrt ein Präparat von Biliner Aragonit, ein Schliff nach der Basis, der während weniger Sekunden mit Salzsäure geätzt wurde. Er zeigt unter dem Mikroskop mehrere Systeme von feinen, nach verschiedenen Richtungen — parallel zu (001) : (110) und (120) — verlaufenden Streifen. Letztere, wohl abwechselnd in gleichem Niveau liegend, sind ungleich breit, manchmal sehr schmal, dann etwa 0,0025 mm breit. Die breiten Streifen bestehen vielleicht aus dicht gedrängten feineren, welche man im Präparat nicht einzeln erkennen kann; mit Zwillingslamellen haben sie nichts gemein.

Ein feiner, schichtenförmiger Bau ist auch sehr schön zu sehen an einer Reihe von Bildern (von Milarit, Granat, Beryll, Topas, Natriumchlorat mit Natriumbromat) in dem bekannten Hauswaldt'schen Werke »Interferenzerscheinungen im polarisierten Lichte, 1904, Neue Folge«.

Es erhebt sich hiernach die Frage, ob die Krystalle nicht überhaupt aus concentrischen Schichten aufgebaut seien, welche sich etwa durch geringe Differenzen der Dichte, wohl auch der sonstigen physikalischen oder chemischen Beschaffenheit unterscheiden und Erscheinungen hervorrufen können, die den an feinen Gittern beobachteten analog sind. Diese Schichten können unter Umständen direct oder nach einer Ätzung wahrnehmbar sein, sie könnten aber auch — und vielleicht in den meisten Fällen — so dünn sein, daß sie unter dem Mikroskop nicht mehr sichtbar werden. Dann wären auch die von Laue u. a. beobachteten Erscheinungen hierdurch zu erklären; sie würden dann zwar die feinste Structur der Krystalle, nicht aber schon den eigentlichen molekularen Bau derselben zur Anschauung bringen. Diesen Gedanken möchte ich wenigstens einer kritischen Beurteilung vorlegen. Vielleicht können diese Beobachtungen aber auch von Bedeutung sein für die von L. Mandelstam, H. Rohmann, W. H. und W. L. Bragg (Physikalische Zeitschrift, 15. März 1913, S. 220) geäußerten Ansichten über die Ursache jener Erscheinungen, wobei die genannten Forscher dieselben wenigstens zum Teil durch eine innere Reflexion der Röntgenstrahlen zu erklären versuchen.

Freiburg (Schweiz), im März 1913.

XXXV. Die flüssigen Krystalle des Ammoniumoleats.

Antwort an Herrn A. Mlodziejowski.

Von

O. Lehmann in Karlsruhe.

Daß die beim Erkalten der heiß gesättigten Lösung der syrupartigen (wasserhaltigen) Modifikation des Ammoniumoleats in Alkohol sich ausscheidenden Krystalle flüssig sind, ist nicht eine einfache Vermutung, sondern das Ergebnis eingehender Studien über die Eigenschaften der Krystalle im allgemeinen[1]) und ihre Plastizität im besonderen[2]).

Wahre plastische Deformation von Krystallen, d. h. solche, bei welcher die Moleküle ihre gegenseitige Stellung ändern, welche somit mit Änderung oder Störung der Raumgitteranordnung der Moleküle verbunden ist, galt früher im Hinblick auf die Theorien der Polymorphie und Amorphie als ausgeschlossen. Diesen zufolge sollte nämlich die Verschiedenheit der Eigenschaften solcher Modifikationen (des Schmelzpunktes, der Löslichkeit, der Dampftension usw.) bedingt sein, im ersten Falle lediglich durch Verschiedenheit der Raumgitteranordnung der Moleküle, im anderen durch das völlige Fehlen einer solchen; die Moleküle selbst sollten dagegen in allen Modifikationen (ebenso wie bei der Schmelze, richtiger bei den flüssigen Modifikationen und im Dampfzustand) dieselben sein, da man sich für berechtigt hielt, die Avogadro'sche Regel auch auf lockere Verbindungen auszudehnen, obschon sie für solche gar nicht gelten kann[3]) (Identitätstheorie der Aggregatzustände).

Wären jene Theorien richtig, so müßten sich demgemäß die Eigenschaften der anscheinend plastischen Krystalle infolge der durch das Fließen

---

1) O. Lehmann, Molekularphysik, 2. Bde., Leipzig, W. Engelmann, 1888/49.

2) A. a. O., 1888, **1**, 64 u. ff.; vergl. auch Verh. d. Karlsr. naturw. Ver. 1913, **25**, 164, und Verh. d. D. Phys. Ges. 1913, **15**, 413.

3) O. Lehmann, Zeitschr. f. physik. Chemie 1910, **71**, 355.

bedingten Raumgitterstörung ändern, es müßten z. B. »Aufzehrungserscheinungen«[1]) zu beobachten sein. Bei der monoklinen Modifikation von Ammoniumnitrat[2]), bei Orthoquecksilberditolyl[3]) und anderen Krystallen, welche sich unbeschadet ihrer Durchsichtigkeit zu Ringen biegen ließen, vermochte ich aber solche nicht festzustellen. Ebensowenig zeigen Eis, Metalle usw. bei Deformation Änderung ihrer Eigenschaften. Man sah sich deshalb genötigt anzunehmen, die scheinbare Plastizität mancher Krystalle beruhe auf Zertrümmerung in kleine fest aneinander haftende Partikelchen, deren jedes sein Raumgitter behält, sofern nicht in besonderen Fällen Parallelverschiebung einzelner Teile des Krystalles gegeneinander längs Gleitflächen (Translation) oder auch künstliche Zwillingsbildung durch Druck eintritt, wobei ebenfalls das Raumgitter erhalten bleibt.

An meinen ringförmig gebogenen Krystallen beobachtete ich nun aber nicht nur, daß die Durchsichtigkeit erhalten blieb, sondern daß auch die Auslöschungsrichtungen überall der Krümmungskurve parallel waren, sich also stetig änderten, was zur Annahme nötigte, die Trümmer (im Falle solche überhaupt entständen) seien nicht größer als einzelne Moleküle, es liege also tatsächlich eine Raumgitteränderung vor, und diese bedinge keine Änderung der Eigenschaften.

Aus diesem Grunde nahm ich keinen Anstand, den Krystallen (a. a. O.) ähnliche Plastizität zuzuschreiben wie amorphen Körpern, mit dem einzigen Unterschied, daß ich die Krystalle auch als anisotrop bezüglich der Elastizitätsgrenze betrachtete, was zur Folge haben muß, daß die Gleitrichtungen nicht wie bei amorphen Körpern einen Winkel von 45° mit den Hauptspannungen bilden[4]), ja daß (ganz wie im Falle der Spaltbarkeit) eine bestimmte Gleitebene weitaus bevorzugt sein kann, was die Versuche von E. Reusch über Translation und künstliche Zwillingsbildung erklärt[5]).

Beobachtungen bei verschiedenen Stoffen, insbesondere bei Ammoniumoleat gaben dann weiter zu der Frage Anlaß, ob ein Krystall nicht geradezu flüssig sein könne. Fest heißt ein Körper, wenn er vollkommene Elastizität, d. h. eine Elastizitätsgrenze besitzt, unterhalb welcher dauerndes Gleichgewicht zwischen der deformierenden Kraft und der durch Verdrehung

---

1) O. Lehmann, Diese Zeitschr. 1877, **1**, 101; Flüssige Krystalle 1904, 158.

2) Derselbe, Diese Zeitschr. 1877, **1**, 110; Die neue Welt der flüssigen Krystalle, Leipzig 1911, 149 (Metanitroparatoluidin wächst leicht in gekrümmten Formen).

3) Derselbe, Diese Zeitschr. 1885, **10**, 7, Fig. 39.

4) Siehe O. Mohr, Zivilingenieur 1882, 113; Zeitschr. d. V. D. Ing. 1900, 1524 u. 1572; 1901, 740 u. 1034; Abh. a. d. Geb. d. tech. Mechanik, Berlin W., Ernst & S. 1906, 187: F. Frick, Phys. Technik, 7. Aufl., 1909, **2** (2), 1330, wo auch die Versuche von O. Hönigsberg citiert sind; O. Lehmann, Zeitschr. d. V. D. Ing. 1908, **52**, 387; P. Ludwik, Elemente der technol. Mechanik, Berlin, Springer, 1909.

5) Molekularphysik 1888, **1**, 64 u. ff.; siehe auch O. Mügge, N. Jahrb. f. Mineralogie 1886, **1**, 141, und G. Tammann, Zeitschr. f. Elektrochemie 1912, 587.

der Moleküle aus ihrer normalen Lage relativ zu der übrigen geweckten elastischen Reaktionskraft möglich ist. Bei den in Betracht kommenden Krystallen von Ammoniumoleat[1]) ist ein solches Gleichgewicht nicht möglich; denn kommen zwei derselben von verschiedener Orientierung in Berührung, so richten sich ihre Auslöschungen, also ihre Moleküle alsbald parallel[2]) (spontane Homöotropie) oder sie nehmen sonstige Gleichgewichtsstellung ein (Zwillingsstructur, Fächerstructur, conische Störungen, sphärokrystallinische Structur, Schraubenstructur usw.). Wird künstlich durch eine deformierende Kraft ein Teil eines solchen Krystalles gegen den anderen verdreht, so geschieht dasselbe.

Verdrehung der Moleküle aus ihrer Gleichgewichtslage, welche eine elastische Reaktionskraft allenfalls wecken könnte und vielleicht auch im ersten Moment der Deformation wirklich erzeugt (unvollkommene Elastizität), verschwindet aus diesem Grunde alsbald von selbst; somit ist kein dauerndes Gleichgewicht zwischen deformierender Kraft und Molekularkräften möglich, die Krystalle fließen in jedem Fall, wie klein auch die deformierende Kraft sein mag, d. h. sie sind flüssig.

Freischwebend fließen zwei derartige Krystalle, falls sie in Berührung kommen, zu einem größeren Individuum zusammen, ähnlich wie zwei Plateau'sche Öltropfen sich zu einem größeren Tropfen vereinigen können. Es ist von Interesse, daß dieses Zusammenfließen nicht unter allen Umständen mit gleicher Leichtigkeit erfolgt, ja sogar ganz ausbleiben kann, wahrscheinlich deshalb[2]), weil diese Krystalle etwas Lösungsmittel in ähnlicher Weise in Mischung aufnehmen können, wie sie durch manche Farbstoffe (Magdalarot, Safranin usw.) künstlich dichroitisch gefärbt werden[3]). Sie fließen z. B. nur dann lebhaft zusammen, wenn sie aus Methyl- oder Äthylalkohol krystallisieren, nicht aber bei Verwendung von höheren Alkoholen. Verminderte Oberflächenspannung oder Erschwerung von Contactbewegung durch vergrößerte Zähigkeit der Lösung (in letzterem Falle) erscheinen nicht genügend, die Verschiedenheit zu erklären. Vielleicht sind solche nicht zusammenfließende Mischkrystalle bereits als fest zu bezeichnen; jedenfalls stellen sie Übergänge zu festen Krystallen dar.

Da auch bei den fließenden Krystallen, ebenso wie bei den ringförmig zusammengebogenen festen Krystallen, die Molekularstructur zuweilen stark von der normalen Raumgitterstructur abweicht, ja sogar eine fächerförmige oder sphärolithische werden kann, nichts destoweniger aber, wie aus dem Ausbleiben von Aufzehrungserscheinungen folgt, Löslichkeit, Dampftension, Schmelzpunkt usw. dieselben bleiben, ergibt sich aufs Neue die Unhalt-

---

1) Flüssige Krystalle 1904, Taf. 2, Figg. 4, 6, 7; Taf. 6, Figg. 1—4; Taf. 7, Figg. 1—4; Taf. 8, Figg. 1—4; Taf. 9, Figg. 1—7.

2) O. Lehmann, Heidelb. Sitz.-Ber. 1912, Nr. 13, S. 17; 1913, Nr. 13, S. 12.

3) Derselbe, Ann. d. Phys. 1902, 8, 908.

barkeit der Identitätstheorie der Polymorphie und Amorphie, somit die Notwendigkeit meiner Theorie der physikalischen Isomerie[1]).

Wäre die Oberflächenspannung der flüssigen Krystalle an verschiedenen Stellen der Oberfläche verschieden, wie die Theorie von P. Curie[2]) voraussetzt, so müßte im Innern dieser Krystalle eine beständige Wirbelströmung (infolge kapillarer Ausbreitungserscheinungen an der Oberfläche) vorhanden sein, welche unverträglich ist mit den Prinzipien der Thermodynamik. Die Oberflächenspannung ist unabhängig von der Molekularstructur der Oberfläche. Deshalb fällt auch jene Theorie, gemäß welcher die Krystallform dem Minimum der Oberflächenenergie entsprechen sollte.

So erscheint denn verständlich, weshalb Hr. G. Wulff[3]) Hrn. M. veranlaßte, einen Versuch zur Widerlegung der Existenz flüssiger Krystalle zu machen. Daß dabei die alte (wohl schon ihrem Autor selbst aufgegebene) Annahme von G. Quincke[4]) wieder zur Erklärung der Erscheinungen herbeigezogen wurde, läßt erkennen, wie sehr im Unrecht sich diejenigen befinden, die meinen, durch die Auffindung trüber Schmelzen bei Cholesterylbenzoat seitens des Herrn Fr. Reinitzer, die nach diesem selbst und nach G. Quincke eine breiige Masse feiner fester Kryställchen und einer isotropen Flüssigkeit sein sollten, sei die Existenz flüssiger Krystalle, die ich übrigens schon zuvor bei Jodsilber vermutet hatte, sofort bewiesen gewesen oder jene Beobachtung sei der Ausgangspunkt der Gedankenreihe gewesen, die zur Entdeckung der flüssigen Krystalle geführt habe[5]). Daß gerade von sachverständiger krystallographischer Seite die Ansicht des Herrn Quincke nicht nur für möglich, sondern als die richtige bezeichnet wird, noch dazu heute nach dem Erscheinen einer großen Literatur im Laufe von nahezu einem Vierteljahrhundert, dürfte von besonderem Interesse sein für den Historiker und für Jeden, der sich für die Quelle der Erkenntnis der Existenz flüssiger Krystalle interessiert.

Nach Ansicht des Hrn. M. a. a. O. S. 6 gibt es also keine flüssigen Krystalle. Die sogenannten flüssigen Krystalle des Ammoniumoleats sind lediglich »Tropfen von Ölsäure«, deren Doppelbrechung durch darin enthaltene feste Kryställchen von Ammoniumoleat bedingt ist. Die Ölsäure entsteht durch hydrolytische Spaltung des Ammoniumoleats (a. a. O. S. 7) oder Zersetzung desselben durch Wärme (a. a. O. S. 9). Die festen Kryställchen können eine zusammenhängende Haut auf den Ölsäuretropfen bilden und diese veranlassen

---

1) Diese Zeitschr. 1877, **1**, 97; Molekularphysik 1889, **2**, 413; Zeitschr. f. phys. Chem. 1910, **71**, 355.

2) P. Curie, Bulletin soc. min. 1885, **8**, 145.

3) Vergl. G. Wulff, Diese Zeitschr. 1901, **34**, 512 (Weiterführg. v. Curie's Theorie).

4) G. Quincke, Wied. Ann. 1894, **53**, 613.

5) Siehe O. Lehmann, Ber. d. D. chem. Ges. 1908, **41**, 3774; Die neue Welt der flüssigen Krystalle 1911, 171; Verh. d. Karlsr. nat. Ver. 1913, **25**, 164.

regelmäßige puppenartige Form anzunehmen. Bei Zerstörung der Haut fließt die Ölsäure heraus und breitet sich auf dem Glase aus.

Was die Natur der fraglichen festen Ammoniumoleatkrystalle anbelangt, so können sie für sich angeblich auf zweierlei Art erhalten werden, nämlich durch Auskrystallisieren aus (durch Verdunsten) übersättigter Lösung von wasserhaltigem (a. a. O. S. 3) oder wasserfreiem (a. a. O. S. 9) Ammoniumoleat in alkoholischer Lösung (a. a. O. S. 3). Sie sollen sich wenig von den festen Krystallen anderer Substanzen unterscheiden und eine Plastizität besitzen, welche sie dem Wachse ähnlich macht. Diese beruhe aber nicht auf Zerstörung des Raumgitters, sondern erkläre sich lediglich durch die leichte Bildung von Schiebungen längs Gleitflächen (Translation und künstliche Zwillingsbildung).

Bei Nachprüfung dieser Beobachtungen fand ich sie durchaus nicht bestätigt. Aus wasserhaltigen Lösungen erhielt ich nur dann Krystalle von wachsartiger Consistenz, wenn dieselben überschüssige Ölsäure enthielten. Wasserhaltige Lösungen mit überschüssigem Ammoniak ergaben stets flüssige Krystalle. Daß unter Umständen beide nebeneinander vorkommen können, was der Verf. merkwürdig findet, ist ganz natürlich, da sie augenscheinlich verschiedene Zusammensetzung haben. Die ersteren sind wohl saures Ammoniumoleathydrat, die anderen, die flüssigen Krystalle, neutrales.

Die wasserhaltigen festen Krystalle des sauren Ammoniumoleats, wie sie heute zu nennen sind, sind dieselben, welche ich früher als feste Ammoniumoleatkrystalle beschrieben und abgebildet habe[1]). Man kann sie leicht auch aus den flüssigen Krystallen erhalten, wenn man die erforderliche Menge Ölsäure zugibt[2]). Umgekehrt kann man durch Auflösen der festen wasserhaltigen Krystalle in Alkohol durch Beifügung von wässerigem Ammoniak, welches hydrolytische Spaltung hindert, eine Lösung erhalten, aus welcher sich fließende Krystalle ausscheiden.

Diese aus wasserhaltigen Lösungen entstehenden Krystalle des sauren Ammoniumoleats, welche in relativ großen Individuen erhalten werden können, sind sehr leicht zu unterscheiden von den immer nur in sehr kleinen gewöhnlich unregelmäßig sphärolitisch verzweigten Individuen auftretenden Kryställchen des wasserfreien (neutralen, alkalisches gibt es nicht) Ammoniumoleats, welche man aus wasserfreien Lösungen erhält, z. B. durch Einleiten von trockenem Ammoniakgas in reine Ölsäure und Auskrystallisierenlassen aus wasserfreiem Alkohol. Sie sind zwar auch wachsartig plastisch, doch kann man bei Deformation nicht die Streifensysteme[3]) wie bei den anderen erhalten, welche Herr M. ohne jede nähere Prüfung

1) Flüssige Krystalle 1904, Taf. 1 u. Taf. 2, Figg. 1, 2, 3, 5.

2) Beim Verreiben mit überschüssiger Ölsäure entstehen wohl Tropfen derselben, welche mit festen Kryställchen bedeckt sind, sie gleichen aber weder nach Form noch nach Verhalten den flüssigen Krystallen.

3) Flüssige Krystalle 1904, Taf. 2, Figg. 2, 3, 5.

und ohne das über erzwungene Homöotropie und Heterotropie Gesagte zu beachten, kurz als künstliche Zwillingslamellen wie bei Marmor erklärt. Er beachtet auch nicht, daß diese Krystalle auch ohne jede Deformation die schönsten Streifensysteme zeigen[1]), die schon deshalb keine Zwillingslamellen darstellen können, weil sie in der Regel fächerartig von einem Punkt ausgehen oder geradezu radial nach allen Seiten. Ich vermute, daß sie periodische Ungleichheiten in der Raumgitterstructur darstellen, die durch fremde Einlagerungen (z. B. Moleküle des Lösungsmittels) bedingt sind[2]).

Löst man die wasserfreien Krystalle in heißer Ölsäure, so krystallisieren sie beim Abkühlen wieder unverändert aus; fügt man aber noch Wasser hinzu, so entstehen, wie zu erwarten, die wasserhaltigen festen Krystalle des sauren Ammoniumoleats. Gleiches gilt, wenn man auch Alkohol hinzufügt.

Mit wässrigem Ammoniak und eventuell Alkohol gemischt ergeben die wasserfreien Krystalle die wasserhaltigen fließenden Krystalle[3]).

Hierdurch dürfte klar erwiesen sein, daß die fließenden Krystalle nicht, wie der Verf. meint, Ölsäuretropfen sind, in welcher kleine Kryställchen von festem Ammoniumoleat schweben. Sie bilden sich stets am vollkommensten bei überschüssigem Ammoniak, welches ja die Ölsäure zerstören müßte.

Solange Ammoniak vorherrscht, ist die Gestalt der aus alkoholischer Lösung sich bildenden Krystalle die schlanker tetragonaler Pyramiden[4]). Vergrößert man aber den Wassergehalt des Ammoniaks und mischt schließlich reines Wasser der Lösung bei, so runden sich die Krystalle mehr und mehr ab, ihre Structur wird halbisotrop (pseudoisotrop) d. h. nur noch die Hauptaxen der Moleküle bleiben parallel, die Nebenaxen werden regellos, sodaß an Stelle von zwei Symmetrieebenen durch die Axe nunmehr unendlich viele auftreten, wie dadurch erkennbar wird, daß der Querschnitt dieser »Puppen« ein Kreis ist. Daß wirklich ursprünglich (bei eben entstandenen, noch nicht durch Zusammenfließen mehrerer Individuen vergrößerten Kryställchen) zwei senkrecht zueinanderstehende Symmetrieebenen vorhanden sind, geht daraus hervor, daß sie ganz constant vier den Neben-

1) A. a. O. Taf. 1, Figg. 3, 4, 5, 6, Taf. 2, Fig. 1.

2) Die neue Welt der flüssigen Krystalle 1911, 235.

3) Früher (Ann. d. Phys. 1906, **21**, 183) erhielt ich aus heißer alkoholischer Lösung der wasserfreien Krystalle zunächst einige fließende Krystalle, die aber rasch von den wasserfreien Krystallen aufgezehrt wurden, sodaß ich sie für eine labile Modifikation der letzteren hielt. Wie sich bei späterer Nachprüfung herausstellte, beruhte die Ausscheidung der fließenden Krystalle in diesem Falle lediglich auf einem sehr geringen Gehalt an Wasser, welches die Masse wohl aus der Luft angezogen hatte. Vielleicht war auch der Alkohol etwas wasserhaltig. (Heidelb. Sitzb. 1913, **13**, 6).

4) Am besten sind wohl die kleinen Kryställchen geformt, welche bei Lösung von wasserhaltigem Ammoniumoleat in Xylol entstehen. Es sei besonders bemerkt, daß hierbei die Bildung von Ölsäuretropfen ausgeschlossen ist.

axen entsprechende Vorragungen an der Pyramidenbasis zeigen[1]), niemals weniger oder mehr. Wohl können durch Zusammenfließen solcher kleiner Kryställchen (oder durch Deformation größerer) halb- (pseudo-) isotrope Gebilde mit einer beliebigen Zahl von Hervorragungen entstehen[2]), auch solche mit zehn »Perlen« oder gar 14; niemand hat aber je einer solchen pseudoisotropen Masse (bei welcher nur die Hauptaxen der Moleküle parallel sind), eine Raumgitterstructur mit Symmetrieaxe zehnter Ordnung zugeschrieben. Da Herr M. auf den Begriff der pseudoisotropen Structur gar nicht eingeht, obschon dieser an den von ihm citierten Stellen in ausführlichster Weise besprochen ist, glaube ich nicht, daß es einen Nutzen gewähren würde, ihn hier nochmals klarzulegen. Wie fremd derselbe dem Verf. geblieben ist, geht aus dessen Äußerung hervor, aus fließenden Krystallen könne die darin enthaltene Ölsäure herausfließen und einen runden Tropfen bilden. Was ihm als Herausfließen der Ölsäure erscheint, ist nämlich nichts anderes als die Aufrichtung der Molekülaxen senkrecht zur Glasfläche, da wo ein flüssiger Krystall mit dieser in Berührung kommt. Der »Tropfen« ist kein solcher, sondern eine pseudoisotrope Masse, wovon sich auch der Verf. hätte überzeugen können[3]), wenn er nicht seine verfehlte Methode der Beobachtung an verdunstenden Präparaten benutzt hätte, bei welcher durch fortwährende Änderung der Zusammensetzung der Lösung, Contactbewegungen usw. alle mögliche Störungen eintreten, die ruhige Beobachtung unmöglich machen und bei welcher Betrachtung des Objects von verschiedenen Seiten, wie sie der Kapillarrotator gestattet, ausgeschlossen ist. Er beobachtet z. B. bei seinen verdunstenden Präparaten »Teiche«, angeblich Reste von Wasser mit darin schwimmenden flüssigen Krystallen und angrenzende Ölsäuremassen, welche feste Krystalle enthalten sollen, deren Axe sich merkwürdigerweise — bei anderen Krystallen beobachtet man solches nicht — sich senkrecht zur Glasfläche gestellt haben (a. a. O. S. 5). Tatsächlich sind die »Teiche« keineswegs Reste von Wasser, sondern von Mutterlauge und die umgebenden Massen sind keine Ölsäure, welche ja bei vorherrschendem Ammoniak gar nicht existieren kann, sondern pseudoisotrop gewordenes fließend-krystallinisches Ammoniumoleat.

Vergrößerung des Wasserzusatzes bewirkt stärkere Abrundung der fließenden Krystalle, welche bis zur Bildung sphärolithischer Tropfen gehen kann, wohl deshalb, weil der Wasserzusatz die Oberflächenspannung an der Grenze zwischen flüssigen Krystallen und Mutterlauge vergrößert, möglicherweise auch infolge von Wasseraufnahme durch die flüssigen Krystalle nach Art der quellbaren (Eiweiß-) Krystalle d. h. unter Bildung eines neuen

[1]) O. Lehmann, Heidelb. Sitz.-Ber. 1911, Nr. 22, Taf. 1, Figg. 4 u. 8; 1912, Nr. 13, Taf. 1, Fig. 8—15; 1913, Nr. 13, S. 12.

[2]) A. a. O. 1911, Taf. 1, Figg. 10—14; 1912, Taf. 1, Figg. 24—32.

[3]) Gemäß Figg. 16a u. 16b auf Taf. 1 in Heidelb. Sitz.-Ber. 1911, Nr. 22.

ebenfalls flüssig-krystallinischen, in Wasser unlöslichen (d. h. schließlich zu einer colloidalen Suspension zerfallenden) Hydrats oder mehrerer solcher Hydrate (von geringerer Doppelbrechung), wofür namentlich die Bildung der Myelinformen spricht, die man besonders schön erhält, wenn man flüssig-krystallinisches Ammoniumoleat unterm Uhrglas am Rande mit concentriertem wässrigen Ammoniak umfließen läßt. Weniger schöne, aber größere Myelinformen erhält man in gleicher Weise, wenn man dem Ammoniumoleat soviel Alkohol zusetzt, daß nur einzelne flüssige Krystalle in der Lösung schwimmen. Sie nimmt dann eine scharfe Grenze gegen das wässerige Ammoniak an, durch welche Diffusion stattfindet. Schließlich scheiden sich innerhalb der alkoholischen Lösung da, wo zuviel Wasser eingedrungen ist, Wassertröpfchen ab, die sich mit einer flüssig-krystallinischen Haut umgeben und wie Seifenblasen zu schaumartigen Gebilden vereinigen können. Man erhält so, namentlich nach Zusatz von Salmiak, Doppelkugeln mit ebener flüssig-krystallinischer Scheidewand an der Grenze, drei-, vier-, fünf-, sechsfache Kugeln mit entsprechend vielen ebenen Scheidewänden oder vielzellige Schaummassen. Die nach außen diffundierende alkoholische Lösung läßt an der Grenze das Ammoniumoleat in Form der (wieder stark doppeltbrechenden) wasserhaltigen flüssigen Krystalle zurück, welche durch Zusammenfließen die Myelinformen bilden. Das Wachstum derselben findet somit an der Basis statt, d. h. da wo sich alkoholische Lösung und wässriges Ammoniak berühren. Dort scheidet sich immer neues stark wasserhaltiges Ammoniumoleat von geringerer Oberflächenspannung ab. Der überwiegende Kapillardruck der übrigen Masse preßt dasselbe hervor, wobei infolge erzwungener Homöotropie der Widerstand sich vermindert. Auch die Krystallisationskraft[1]) (Gestaltungskraft) wirkt mit, sodaß ein Zylinder oder ein mit Lösung gefüllter Schlauch in die Ammoniakflüssigkeit hineinwächst.

Ersetzt man letztere durch Wasser, so findet wohl auch Bildung von Myelinformen statt, doch findet hier hydrolytische Spaltung statt, das Ammoniumoleat wird oberflächlich von dem Wasser angegriffen, es bildet sich Ölsäure, die sich sofort mit dem flüssig-krystallinischen Ammoniumoleat zu festem wasserhaltigem saurem Ammoniumoleat vereinigt, das nun als körnige Niederschlagsmembran die Myelinformen umgibt. Wenn sich also der Verf. dahin äußert, daß fließende Krystalle und Myelinformen sich nur unter solchen Umständen bilden, bei welchen die Bildung freier Ölsäure möglich ist, so ist in Wirklichkeit genau das Gegenteil zutreffend. Freie Ölsäure zerstört fließende Krystalle und Myelinformen, indem sie dieselben in f e s t e s saures Ammoniumoleat umwandelt. Nur wenn die Bildung freier Ölsäure durch überschüssiges Ammoniak verhindert wird, können die Myelinformen gut gedeihen.

1) Siehe Die neue Welt der flüssigen Krystalle 331 u. ff., 337 u. ff.

Herr M. glaubt bei sphärolithischen Tropfen eine Veränderlichkeit der Doppelbrechung beobachtet zu haben, was er allgemein so ausspricht: »Die Doppelbrechung der fließenden Krystalle des Ammoniumoleats steht in keinem bestimmten Zusammenhang zu ihrer Größe.« Tatsächlich erklärt sich diese Beobachtung ohne die Annahme einer Veränderlichkeit der Doppelbrechung, so wie ich schon früher angegeben habe[1]), dadurch, daß sich auf der Oberfläche eines isotropen Tropfens eine immer dicker werdende flüssig-krystallinische Haut niederschlägt unter gleichzeitiger Verminderung des Tropfeninhaltes[2]) (a. a. O., S. 262, Fig. 161—163). Es wäre aber auch, wie schon bemerkt, denkbar, daß die flüssigen Krystalle des Ammoniumoleats (ähnlich wie die quellbaren Eiweißkrystalle) Wasser unter Bildung eines wasserreicheren Hydrats, welches mit dem wasserärmeren beliebig und zwar orientiert mischbar ist, in veränderlichem Verhältnis aufnehmen und dadurch ihre Doppelbrechung vermindern könnten. Hierüber kann nur genauere Messung der Doppelbrechung und Bestimmung des Wassergehaltes der Substanz Auskunft geben.

Zum Schluß bemerkt Herr M., die Plastizität der festen Krystalle des Ammoniumoleats sei nicht mit einer Änderung des Raumgitters verbunden. Seine Beobachtungen lassen, wie schon bemerkt, einen solchen Schluß nicht zu; bei sorgfältiger Untersuchung überzeugt man sich vielmehr von dem Gegenteil. So wie bei den flüssigen Krystallen tritt auch hier erzwungene Homöotropie ein, d. h. die Axen der Moleküle[3]) richten sich wie die von Möbelrollen senkrecht zur Richtung der Verschiebung. Am einfachsten läßt sich der Einfluß der Biegung auf die Structur bei freischwebenden flüssigen Krystallen beobachten, wenn man die Lösung zwingt um ein Hindernis herumzufließen, z. B. um die Ränder einer feinen unter das Deckglas gebrachten (zweckmäßig an der Blasröhre befestigten) Kapillare mit großem federnden Bogen, in welche man die Flüssigkeit abwechselnd einsaugt und wieder herausdrückt. Auch ohne weiteres findet man aber bei größeren Individuen nicht selten Exemplare, die annähernd ringförmig zusammengebogen sind. Ihre Structur äußert sich schon in gewöhnlichem Licht durch eine Streifung, die erkennen läßt, daß sich die Molekülaxen an der concaven Seite annähernd (aber einseitig) tangential an die Krümmungskurve stellen, worauf dann gemäß der spontanen Homöotropie alle übrigen

1) Siehe Die neue Welt der flüssigen Krystalle 1911, 260.

2) Zum Studium eignen sich Gemische von Cholesterin und Äthylalkohol allein oder mit Wasser; ferner Ammoniumoleat mit Alkohol und viel wässerigem Ammoniak bei Entziehung des überschüssigen Wassers durch eingebrachten gepulverten Salmiak (Aussalzen).

3) Aus den Erscheinungen der spontanen Pseudoisotropie folgt, daß diese scheibenförmig sein müssen (siehe Verh. des Karlsr. naturw. Vereins 1913, **25**, 182, Anm. 4; Verh. d. D. phys. Ges. 1913, **25**, 420).

sich so ordnen, daß ihre Axen sich zu Strahlen von der Richtung dieser Tangenten aneinanderreihen, was zur Folge hat, daß sie die äußere (convexe) Begrenzungslinie nicht tangieren, sondern unter einem Winkel schneiden, der von der Dicke des Krystalles abhängt. Gegenüber der Plastizität der festen Krystalle, bei welchen die Richtung der Auslöschungen überall stetig gekrümmt ist, somit auch an der äußeren Begrenzungskurve tangential verläuft, ist somit bei den flüssigen Krystallen dieser (durch die spontane Homöotropie bedingte) Unterschied vorhanden. Erhaltung des Raumgitters wird angestrebt, aber in Wirklichkeit nur insoweit erreicht, als sich eben die Hauptaxen der Moleküle in tangentialen Strahlen (nach einer Seite hin) anordnen.

Auf die merkwürdige regelmäßige Verdrillung der Myelinformen [1]), welche Folge continuierlicher Rotation derselben um ihre Axe ist, geht Herr M. überhaupt nicht ein, aus gutem Grunde, denn sie läßt sich unter der Annahme, es handle sich um Ölsäuretropfen mit eingelagerten festen Krystallen, nicht verstehen. Nimmt man wie oben dargelegt an, die Myelinformen seien flüssige Mischkrystalle zweier Hydrate, so entfällt die Schwierigkeit der Erklärung. Früher hielt man allerdings die Bildung von Mischkrystallen so verschiedenartiger Stoffe für unmöglich. Meine Versuche haben aber gezeigt, daß tatsächlich ganz fremdartige Stoffe regelmäßig orientiert in wachsende Krystalle aufgenommen werden können [2]) und daß sich dann beträchtliche Structurstörungen, insbesondere Verdrillungen zeigen können [3]), ganz besonders bei flüssigen Krystallen [4]), wobei die Verdrehung der Structur zu Rotationserscheinungen Anlaß geben kann [5]). Bei den Myelinformen dürften letztere auf Anisotropie der inneren Reibung beruhen, welche sich beim Hervortreiben derselben durch Erzeugung eines Drehmomentes geltend macht.

Karlsruhe, 18. März 1913.

---

1) Siehe Flüssige Krystalle 1904, 254, Fig. 469; Die neue Welt der flüssigen Krystalle 1911, 259, Fig. 158, und Heidelb. Sitzb. 1913, Nr. 13, Taf. 3—5.

2) Diese Zeitschr. 1877, **1**, 483, 528; 1883, **8**, 433; Zeitschr. f. phys. Chem. 1887, **1**, 15; 1891, **8**, 543; Wied. Ann. 1894, **51**, 47.

3) Siehe Molekularphysik 1888, **1**, 375, Fig. 184 E.

4) Physik. Zeitschr. 1911, **12**, 540; Ann. d. Phys. 1911, **35**, 193; Heidelb. Sitzb. 191, Nr. 22, Taf. 6—8.

5) Ann. d. Phys. 1900, **2**, 649.

XXXVI. Auszüge.

1. B. Lindener (in Moskau): **Über Triboluminescenz der Mineralien** (Bull. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 999—1022).

W. Vernadsky hat an organischen Substanzen festgestellt, daß die Triboluminescenzeigenschaften hauptsächlich an solchen auftreten, die kein Centrum der Symmetrie besitzen. Verf. verfolgt jetzt die Frage an Mineralien, deren Symmetrie bekannt ist, und unterscheidet einige Farben der Luminescenzfunken, so: bläuliche und gelbliche in den oder jenen Nuancen; sonniggoldgelb, karminrot (Dolomit und Rubin). Die goldgelb luminescierenden Mineralien besitzen die stärkste Luminescenz, die mit bläulichen Funken leuchten verschieden intensiv.

Verf. hat die Triboluminescenz an 110 Mineralien aus verschiedenen Gruppen beobachtet und kommt zu folgenden Schlüssen:

1) Die Triboluminescenz ist bei den anorganischen Körpern eine verbreitetere Erscheinung, als Tschugajew und Trautz meinen.

2) Künstliche Krystalle besitzen entweder eine beständige oder zeitweilige Luminescenz.

Um den Charakter der Luminescenz bei einem leuchtenden Körper zu bestimmen, muß er eine längere Zeit aufbewahrt werden. Bei natürlichen Krystallen kann nur die beständige Triboluminescenz beobachtet werden.

3) Die Triboluminescenz aufweisenden Mineralien gehören chemisch verschiedenen Klassen und Gruppen an. In jeder isomorphen Mineralreihe besitzt diese Eigenschaft entweder ein jedes Glied oder keines.

4) Die meisten triboluminescierenden Mineralien sind spröde und besitzen eine Spaltbarkeit. Diese Eigenschaften der Mineralien wirken auf die Intensität des Leuchtens, weil die Erscheinung überhaupt nur dann hervorgerufen werden kann, wenn Teilchen vom Stücke abspringen können. Es gibt Mineralien (Turmaline) die auch ohne deutliche Spaltbarkeit triboluminescieren.

5) Die Härte der Mineralien spielt eine geringere Rolle: weiche Mineralien, wie Struvit, Huantajayit, Kryolith u. a. triboluminescieren stark, während harte Mineralien, wie Spinelle, Chrysoberyll, Beryll, Zirkon ein sehr schwaches Leuchten aufweisen.

6) Alle triboluminescierenden Mineralien sind Isolatoren der Elektricität. Bei den meisten der leuchtenden Mineralien wurde Pyroëlektricität beobachtet.

7) Der letztere Parallelismus deutet darauf hin, daß die Triboluminescenz eine elektrische Erscheinung ist.

8) Die Triboluminescenz hängt vom Medium, in dem die Versuche gemacht werden, nicht ab. Verf. führte mehrere Experimente in Wasser aus.

Die Triboluminescenzerscheinung wird von verschiedenen Seiten verschieden erklärt, keine von den Hypothesen läßt aber diese Erscheinung an einem zu untersuchenden Mineral vorhersagen.

Was nun die oben erwähnte, von Vernadsky aufgestellte Beziehung zur Krystallform betrifft, so fand Verf., daß von den 110 untersuchten Mineralien wenigstens 40 % kein Centrum der Symmetrie besitzen, während der gewöhnliche Procentsatz solcher Mineralien unter 10 % ist. Fast alle Mineralien ohne Centrum der Symmetrie sind triboluminescierend. Eine Ausnahme bilden die Sulfide und Polysulfide, die auch gute Elektricitätsleiter sind.

Ref.: Wold. Isküll.

2. W. Vernadsky (in Moskau): **Zur Frage über die Triboluminescenz** (Bull. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 1037—1041).

Die Untersuchungen des Verfs. und B. Lindener's (siehe das vorangehende Ref.) machen den Parallelismus zwischen Triboluminescenz und Pyro- und Piëzoelektricität sehr anschaulich. Die Analogie kann aber weiter getrieben und bei Krystallen mit dem Centrum der Symmetrie verfolgt werden.

Charakteristisch ist für die pyro- und piëzoelektrischen Eigenschaften, daß sie Oberflächenerscheinungen sind. Daß die Triboluminescenz ebenfalls eine Flächeneigenschaft ist, beweist die Erscheinung der zeitweiligen Triboluminescenz bei solchen Substanzen, deren Oberfläche nach einiger Zeit sich physikalisch ändert. Andererseits ist charakteristisch für Körper, deren Krystalle kein Centrum der Symmetrie besitzen, die Polarität ihrer Vectoren.

Verf. stellt auf Grund des Erwähnten folgende Hypothese auf: die Triboluminescenz kann bei Krystallen nur in dem Falle beobachtet werden, wenn auf deren Oberfläche polare Vectoren existieren können.

Polar sind alle Vectoren einer Substanz ohne Centrum der Symmetrie, es können aber polare Vectoren auch auf der Oberfläche solcher Krystalle auftreten, die das Centrum der Symmetrie besitzen. Verf. weist auf physikalische Erscheinungen hin, nach denen die Eigenschaften der Krystalloberfläche verschieden von denjenigen in inneren Teilen der Krystalle anzunehmen sind, folglich der Krystall kein homogener Körper wäre. Aus diesem Grunde besitzen seine Flächen eine niedrigere Symmetrie, als seine inneren Schichten. Die niedrigere Symmetrie ruft oft auf der Krystalloberfläche polare (oder enantiomorphe) Vectoren hervor, die im Krystalle fehlen. So können Krystalle mit der höchsten Symmetrie Flächen haben, auf welchen gewisse Erscheinungen nicht mit der Symmetrie des Krystalles verbunden sind und deren Vectoren (auf Flächen) polar oder enantiomorph sein können (Hexakisoktaëder u. a.).

Die Triboluminescenz kann dann beobachtet werden, wenn die Vectoren des Krystalles polaren Charakter besitzen. Deshalb ist diese Erscheinung am stärksten bei Substanzen ohne Centrum der Symmetrie.

Die Analogie zwischen der Triboluminescenz und der Polarität der Vectoren macht es wahrscheinlich, daß sie analog einer elektrischen Ladung zwischen verschieden elektrisierten Teilen eines krystallinen Körpers ist. Der Funken kann als Folge des Wachstums des Krystalles erscheinen (Krystalloluminescenz). oder als Resultat des Erwärmens zum Ausdruck kommen (Pyroluminescenz),

Bezüglich der Analogie zwischen Triboluminescenz und elektrischen Erscheinungen muß jedoch bemerkt werden, daß die Farben der Funken der Triboluminescenz von denjenigen einer elektrischen Entladung verschieden sind.

Ref.: Wold. Isküll.

3. P. Zemjatschensky (in St. Petersburg): **Krystallogenetische Studien II. Der Einfluß fremder Substanzen auf die Krystallform des Alauns** (Mém. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg. VIII. Sér., **30**, 3, 1—19).

In dieser zweiten Arbeit (s. diese Zeitschr. 1912, **51**, 280) studiert Verf. den Einfluß der Salzsäure auf die Krystallform des K-Alaun.

Nachdem Beudant und Weber die Bildung des Pentagondodekaëders an Alaunkrystallen beobachtet hatten, fand Wulff, daß die besten {210} sich in dem Falle bilden, wenn die Übersättigung der Alaunlösung bei einer etwas höheren (um ca. 5°) Temperatur geschieht, als die danach folgende Krystallisation. Ausführlicher untersuchte den Einfluß von HCl auf Alaun Jannettaz und fand unter anderem, daß die Bildung von {210} durch Anwesenheit der Salzsäure beeinflußt wird.

Verf. krystallisierte Alaun aus verschiedenen Concentrationen der Salzsäure bei Temperaturen von 12°—20° C.

Die ersten Versuche waren nur darauf gerichtet {210} an den Krystallen zu erhalten.

1) Aus einer Alaunlösung, zu der eine geringe Menge HCl zugesetzt war, bildeten sich bei langsamer Verdunstung keine {210}-Flächen an den gewöhnlichen Krystallen.

2) Bei den folgenden Versuchen wurde 10%ige HCl mit Alaun bei 30° – 40° C. gesättigt. Es bildeten sich an den stark corrodierten Krystallen mit {111} und {100} keine {210}-Flächen. Aus der von den Krystallen abgegossenen Flüssigkeit krystallisierte Alaun sehr langsam; einzelne (1 bis 2) {210}-Flächen bildeten sich sehr selten. Die bloße Anwesenheit der HCl ist folglich zur Bildung der Form {210} nicht genügend, denn sogar 10%ige HCl übt einen sehr geringen Einfluß aus.

Weitere Versuche führte Verf. in starken HCl-Lösungen.

1) 20 ccm Wasser + 10 ccm HCl vom spec. Gewicht 1,19 gesättigt mit 20 Gramm Alaun. Im Laufe eines Monats krystallisierte Alaun in Oktaëdern mit untergeordneten {100}; {110} fehlte. {210}-Flächen erschienen sporadisch und ihre Zahl erreichte 8. In der Bildung der Form {210} ist ein Maximum und nach diesem ein Geringerwerden der Flächenzahl zu bemerken.

2) Aus einer bei 35°—40° C. mit 20 Gramm Alaun gesättigten Lösung in 20 ccm H_2O + 20 ccm HCl (spec. Gewicht 1,19) bildeten sich nach neuntägiger Krystallisation Krystalle, die bis 12 {210}-Flächen besaßen. Nach 17 Tagen wurden fernere Krystalle mit vollständiger {210}-Form beobachtet; weiter fiel die Zahl der Flächen bis auf eine. Verf. beweist statistisch, daß 1) bei steigender Concentration der Salzsäure die Krystallisation sich hemmt und 2) daß die Salzsäure Perturbationen in der Lösung hervorruft, welche zur geringeren {210}-Flächenzahl führen.

3) Eine Lösung in 10 ccm H_2O + 20 ccm HCl (spec. Gewicht 1,19) gesättigt mit 20 Gramm Alaun bei 35°—40° C., führte zum Schlusse, daß a) eine stärkere HCl-Lösung auf die Bildung der {210}-Flächen keine Wirkung ausübt

und b) daß auch hier sich Krystalle mit 11—12 {210}-Flächen ausscheiden, wonach die Zahl dieser Flächen wieder geringer wird. {100} nimmt an Krystallen bei wachsender HCl-Concentration zu, sodaß bei $2HCl : 1H_2O$ (Volumina) schon kubooktaëdrische Krystalle sich bildeten.

4) In 30 ccm HCl (spec. Gewicht 1,19) + 10 ccm H_2O wurden bei 30° bis 40° 44 Gramm Alaun aufgelöst. Nachdem am folgenden Tage sich 21,5 Gramm Alaun aus der Lösung abgesetzt hatten, schied sie 42 Tage fernere Alaunkrystalle aus. a) Eine weitere Vergrößerung der HCl-Concentration führte zu einer geringeren Zahl der {210}-Flächen (es traten nur bis 5 Flächen auf). b) Aus der Lösung, die schon keine Alaunkrystalle mehr bildete, wurden strahlige Anhäufungen, die aus seidenglänzenden Kryställchen einer neuen Substanz bestanden, gewonnen.

5) Bei der Auflösung des Alauns in HCl (spec. Gewicht 1,19) bildete sich sofort eine feinkrystalline Masse. Aus der Lösung krystallisierte Alaun in {111} und untergeordnetem {100}; an wenigen Krystallen zeigten sich bis 2—3 {210}-Flächen.

Die feinkrystalline Substanz ist tafelig, meistenteils rhomboidal. Bei gekreuzten Nicols zeigen die Kryställchen helle Interferenzfarben. Im Mikroskop beobachtete Verf. bei angehäuft liegenden Kryställchen ein Bewegen, wobei sie sich mit einer dünnen Schicht durchsichtiger Flüssigkeit bedeckten, abgerundet wurden und sich langsam in isotrope oktaëdrische Alaunkrystalle umwandelten. Die Umwandlung geht um so schneller vor sich, je mehr die Kryställchen zusammengehäuft liegen. Die Analyse der Substanz ergab:

		Atomverhältnisse:
K_2O	15,74	1,29
Al_2O_5	13,31	1
SO_3	22,63	2,177
Cl	20,04	4,354
H_2O (Rest)	28,28	12,108
	100,00	

woraus sich die Formel $8K_2O . 6Al_2O_3 . 13SO_3 . 26Cl . 72H_2O$ berechnen läßt. Auf Grund der Eigenschaften dieser Verbindung combiniert Verf. die Oxyde auf folgende Weise: $3(K_2Al_2S_4O_{16} . 24H_2O) . K_2SO_4 . 8KCl . 3Al_2Cl_6$ [im Original irrtümlich $3(K_2Al_2S_4O_{16} . 24H_2O) . K_2SO_4 . 8KCl . 3Al_2Cl_6 . 8H_2O$].

Um die Menge der Substanz, die sich in der Lösung befindet, aus welcher Alaun mit {210} krystallisiert, zu bestimmen, hat Verf. rauchende HCl mit Alaun bei 20° C. gesättigt. Von der vom Absatz abgegossenen Lösung wurde ein Teil zur Trockene gebracht; gefunden: 13,62 %, bezogen auf die Lösung. Die lufttrockene Substanz verliert bei 100°—103° erst 9,26 % ihres Gewichtes und geht in eine sirupähnliche Flüssigkeit über. Bei weiterem Trocknen bei derselben Temperatur scheidet sie noch 2,65 % aus und bildet federförmige Krystallaggregate. Aus diesen Beobachtungen ist zu ersehen, daß in der Krystallisationslösung sehr labile Atomgruppierungen anzunehmen sind. Die Lösung, aus der Alaun mit {210}-Flächen krystallisiert, hat die Zusammensetzung:

Al_2O_3	4,29
K_2O	3,02
SO_3	10,91
HCl	11,80
H_2O (Rest)	69,98
	100,00

folglich enthält sie die Bestandteile des Alauns in anderen Proportionen, als eine normale Alaunlösung.

Wird die Sättigung der Salzsäure mit Alaun bei Zimmertemperatur vollzogen, so scheiden sich nach einigen Tagen in geringer Menge Krystalle des Salzes $2K_2SO_4 . H_2SO_4 . 6H_2O$ aus; sporadisch bildet sich auch Alaun in {111} mit {100} und {210}. Das saure schwefelsaure Salz geht später wieder in Lösung und erst nach langer Zeit fangen gewöhnliche Alaunkrystalle zu krystallisieren an.

Zuletzt stellte Verf. Versuche über den Einfluß der genannten Verbindungen auf das Entstehen der {210}-Form am Alaun an. In gesättigter Alaunlösung in HCl [$2HCl$ (spec. Gewicht 1,19) : $1H_2O$] wurde

$$3(K_2Al_2S_4O_{16} . 24H_2O) . K_2SO_4 . 8KCl . 3Al_2Cl_6$$

aufgelöst. Aus dieser Lösung bildeten sich Alaunkrystalle, unter denen 15—30% 1—2 Flächen der Form {210} besaßen. Nach der Krystallisation des Alauns setzte sich die angewandte Substanz ab. Folglich ist die Verbindung nicht die Ursache des Entstehens der Form {210}. Ebenso ruft auch das saure schwefelsaure Kalium keine Pentagondodekaëder am Alaun hervor.

Die optimalen Bedingungen für die Entwickelung der Form {210} hat Verf. auf folgende Weise gefunden. Alaun wurde unter leichtem Erwärmen in HCl aufgelöst und die Lösung vom Absatz abgegossen. Alaun kristallisierte darnach in {111}; {100} und {210} waren anwesend und wiesen fast die volle Flächenzahl auf. Selten konnten {*hkk*}-Streifen beobachtet werden. Die bis 1,5 cm groß gewordenen Krystalle waren vollständig homogen und durchsichtig. Nach einmonatlicher Krystallisation setzten sich aus der Lösung Flocken, die die Alaunkrystallisation nicht hinderten, ab. Von gesättigter Alaunlösung konnten die Flocken wieder in die Lösung gebracht werden. Bei weiterer Krystallisation (HCl war schon verdampft) zeigten sich wieder Flocken. Durch allmählichen Zusatz neuer Portionen Alaunlösung zur Krystallisationslösung konnte der Zustand derselben nahe bei der Ausscheidungsgrenze der Flocken gehalten werden, und auf diese Weise konnten Alaunkrystalle reich an {210}-Flächen beliebig lange aus einer und derselben Lösung krystallisiert werden.

Hierin ist volle Analogie mit der Krystallisation des {100}-Alaun aus Borax enthaltender Lösung. Wie dort, so auch hier, sind in der Lösung complicierte und labile Verbindungen anzunehmen, welche bei der Verdunstung der Lösung zerfallen und Alaun ausscheiden. Alaun krystallisiert dabei in speciellen Bedingungen und erhält neue Combinationsformen. Ref.: Wold. Isküll.

4. **S. Popow** (in Nowo-Alexandria): **Die Mineralien der Erzlager der Halbinseln Kertsch und Taman** (Travaux du Mus. Géol. Pierre le Gr. près l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg 1910, 4, 99—198).

Nach einem historischen Überblick über die erzführenden Lager auf den Halbinseln Kertsch und Taman beschreibt Verf. Brauneisenstein, Siderit, Psilomelan und Wad, Anapait, Vivianit und dessen Derivate, Baryt, Gyps, Aragonit, Calcit, Braunkohle, Realgar und Auripigment von den genannten Vorkommen in der Krim.

1. Brauneisenstein.

Unter diesem Sammelnamen versteht Verf. alle Oxyhydrate des Eisens.

Die Eisenerze der bezeichneten Gebiete sind oolithisch, stellenweise erdig, selten dicht. Die Oolithe zeigen entweder stecknadelkopfgroße (pisolithischer

Eisenstein) oder mittlere ($\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ cm), glänzende oder matte Körner oder $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ cm große harte Bildungen mit unebener (von pisolithischen Körnern) Oberfläche. Außerdem beschreibt Verf. noch große, mit lockerer Masse ausgefüllte Oolithe mit ebener matter Oberfläche.

Die Oolithe sind entweder durch ein Cement verbunden oder enthalten kein Bindemittel. Verf. unterscheidet folgende Cemente: 1) eisenhaltige (Kamysch-Burun, neue Quarantaine, Ossowiny, Gruben der Taganrog'schen Gesellschaft); 2) lehmige und lehmig-eisenhaltige (Janysch-Takil und Schelesny Rog); 3) *Mn*- und *Fe-Mn*-haltige (Grube Providence, Ossowiny); 4) lehmige, carbonathaltige bis reine *Ca*-carbonathaltige; 5) SiO_2-lehmige (Ossowiny); 6) barytische (Gruben der Gesellschaft Providence).

Nach der Beschreibung einzelner Brauneisenvorkommen gibt Verf. eine Anzahl Analysen der Oolithe an.

1) Lockere Masse, zum Teil Oolithe, aus der Grube der Taganrog'schen Gesellschaft.

2) Reine Oolithe ohne Cement aus der mittleren Schicht der Taganrogschen Grube.

3) Oolith aus Kamysch-Burun. Harte 0,5—1 cm große Körner.

4) Kleinere und hellere Oolithe aus einer anderen Schicht in Kamysch-Burun.

5) Mittlere und kleine Oolithe leicht verbunden durch hellbraunen stellenweise schwarzen (*Mn*-haltigen) Cement aus Schelesny Rog.

6) Lockere Masse aus kleinen und mittleren Oolithen und braunem Cement in Ossowiny. Zur Analyse wurden mittelgroße Körner gewählt.

7) Grube Janysch-Takil. Graulich braunes Erz, bestehend aus mittleren und kleinen braunen Oolithen und einem grauen lehmigen Cement. Analysiert wurden mittlere Oolithe.

8) Grube der Gesellschaft Providence. Ziemlich kleine *Mn-Fe*-Oolithe mit ebensolchem Cement.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Glüh-Verlust: Wasser	11,26	11,34	12,19	10,73	11,70	11,34	11,32	10,38
Glüh-Verlust: Organ. Substanz[1])	0,24		1,04		0,11			0,65
Fe_2O_3	61,62	66,02	56,44	67,54	73,27	75,07	71,26	53,23
Al_2O_3	13,56	8,93	7,51		1,64	1,95		2,14
P_2O_5	2,39	2,78	3,23	2,97	2,27	1,98	3,01	1,82
Mn_2O_3	1,45	1,35	3,64	1,79	1,62	0,91	1,15	14,94
CaO	1,03	1,02	2,40	2,99	1,17	1,17	1,29	1,84
BaO	—	—	—	—	—	—	—	0,06
MgO	0,19	0,54	0,48	0,52	0,90	0,46	0,69	0,54
Na_2O	0,53	0,50	1,17	0,93	0,97	Spure	0,22	1,00
SiO_2	0,52	0,54	0,52	12,83	0,11	0,41	0,83	0,23
Unlösl. Rückst.	7,75	7,78	11,09		6,02	7,42	10,01	13,49
	100,54	100,80	99,71	100,30	99,78	100,71	99,78	100,32

Es wird angenommen, daß bicarbonatische Schwefel- oder humussaure Salze des Eisens als folgende Verbindungen aus der Lösung sich ausscheiden: als

1) Die durch Verbrennen erhaltene CO_2 der organischen Substanz wurde mit dem Humuscoëfficienten 0,471 multipliciert.

Carbonat, basische Sulfate, Humate, Sulfidhydrate (unter Mitwirkung des durch Mikroorganismen entstehenden H_2S), Oxydulhydrat und Oxydhydrat.

Auf Grund der jetzigen mineralogischen Zusammensetzung der Erze auf den Halbinseln Kertsch und Taman nimmt Verf. an, daß sie auf die geschilderte Weise entstanden sind, weil: 1) das Eisenoxydulcarbonat in den Vorkommen weit verbreitet ist, 2) Sulfide fehlen, sind wohl aber in Oxyde umgewandelt; der Schwefel der Sulfide Gyps und Baryt gebildet hat; 3) das Faulen organischer Substanzen im Wasser und das Teilnehmen verschiedener Organismen am Processe der Erzbildung durch das Vorhandensein organischer Verbindungen in den Erzen bewiesen wird; 4) auch die Phosphorsäure, wie im Erze, so auch in P-haltigen Mineralien ist ein Beweis für die Beteiligung der organischen Welt des Wassers am Proceß der Erzbildung. Was die Kieselsäure in den Erzen betrifft, so nimmt Verf. an, daß sie nicht als Ferrisilikat anzusehen wäre, da dieses dem angeführten Bildungsprocesse der Erze widersprechen würde. Das Wahrscheinlichste wäre, sie sich als ein Colloid im Gemisch mit Eisenoxydcolloid vorzustellen.

Verf. lenkt die Aufmerksamkeit noch auf eine mögliche Bildungsart der oolithischen Erze, nämlich auf die Bildung aus Siderit, der sich allmählich in Oxydhydrate umwandelt, dabei aber in der Umwandlungszone eine Masse sphärischer Brauneisensteineinschlüsse aufweist. Solche isolierte Einschlüsse sind den Oolithen vollkommen ähnlich.

2. Siderit.

Verf. weist auf vier Formen der Sideritausscheidung hin.

1) Einschlüsse und Schichten in Brauneisenstein. Der Siderit ist hart, grünlich gefärbt und besteht aus sphärokrystallartigen Körnern (Kamysch-Burun, Janysch-Takil, Schelesny Rog, Gruben der Taganrog'schen Gesellschaft).

2) Eine zweite Varietät des Siderit (Schelesny Rog) ist grau, oft rötlich. Härte 3—3½. Hinterläßt beim Auflösen einen reichlichen schmutziggrauen Rückstand. Der Siderit 1 verwittert von vielen Punkten aus und bildet oolithische Anhäufungen der Eisenoxydhydrate; hier aber geht die Oxydation allmählich vor sich (Turjit?).

3) In Schelesny Rog und Janysch-Takil findet sich der Siderit in erdiger Masse, wechsellagernd mit Brauneisenstein und eisenhaltigem Lehm. Der Siderit ist gelblich grau und besitzt Porenstructur. In den Poren — Oolithe des Brauneisensteins. Wirkt auf polarisiertes Licht. Beigemengt ist etwas Quarz und Gyps. Analysiert wurde der Siderit von Janysch-Takil.

	1. (Mittel aus 2 Analysen)	2.	3.
CO_2	31,11	—	23,32
FeO	46,58	37,72	29,12
Fe_2O_3	3,90	6,24	20,74 ($+Al_2O_3$)
MnO	2,87	—	0,56
CaO	4,65	4,28	2,66
MgO	0,22	—	0,18
Na_2O	0,92	—	Spur
H_2O	2,19	—	7,52
Organ. Subst.	0,48	—	—
Rückstand	} 5,42	} 10,12	14,75
SiO_2			0,30
P_2O_5	—	—	0,45
	98,34		99,60

4) Oolithischer Siderit wird in Form einzelner Einschlüsse in erdigem Ferrocarbonat angetroffen. Die Oolithe sind wenig compact.

3. Anapait.

Dieses Mineral hat Sachs unter dem Namen »Anapait«, Verf. (diese Zeitschr. 1903, 37, 267) unter dem Namen »Tamanit« beschrieben.

Es kommt in Schelesny Rog entweder in feinkrystallisierten Drusen auf Spalten und Aushöhlungen des Siderits oder Limonits oder im lehmigen Siderit und Lehm als kugelige Concretionen verwachsener Krystalle vor.

Verschieden intensiv grüne Krystalle des Anapait sind bis 1 cm lang. Strich weiß. Härte 3,5. Spec. Gewicht 2,812 bei 17° C. (Sachs 2,81, Loczka 2,85). Vollkommene Spaltbarkeit nach {101} und {010}.

Triklin, vermutlich holoëdrisch.

$$a:b:c = 0,7069:1:0,8778.$$
$$\alpha = 97^\circ 12'; \ \beta = 95^\circ 17'; \ \gamma = 70^\circ 11'.$$

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $s\{\bar{1}01\}$, $q\{012\}$ und $o\{111\}$. Tafelig nach {111}.

	Grenzwerte:	Gemessen:	Berechnet:	n	K
(100):(101)	47° 52′ 30″ — 48° 53′	48° 29′ 30″	—	9	7
(101):(001)	38 3 30 — 38 53 30″	38 28 30	—	10	11
(101):(111)	43 56 — 45 21	44 58	—	16	11
(111):(010)	52 21 — 52 53	52 34	—	12	8
(100):(111)	72 16 30 — 73 27 30	72 52 30	—	17	8
(001):(111)	45 13 30 — 46 48	45 58	45° 40′	16	11
(010):(001)	84 31 — 85 26 30	84 54	84 13 30″	8	6
(100):(010)	107 31 30 — 109 29 30	108 56 30	109 14 30	5	3
(001):($\bar{1}$01)	40 57 30 — 41 38 30	40 58 30	40 57	4	4
($\bar{1}$00):($\bar{1}$01)	51 37 — 52 36	52 9	52 5	4	4
(101):(111)	68 35 — 68 55	68 44 30	68 58 30	9	5
(001):(012)	29 14 30 — 29 31 30	29 16	29 7 30	4	4
(101):(012)	—	39 19 30	39 49 30	1	1
(012):(012)	28 25 30 — 28 55	28 40	29 7	4	3

Analysiert wurden kleine fast farblose Krystalle.

	1.	2.	Mittel:
P_2O_5	34,53	34,47	34,50
FeO	20,02	19,97	20,00
CaO	27,68	27,76	27,72
H_2O	18,32	18,34	18,33
	100,55	100,54	100,55

Hieraus die Formel $(Ca, Fe)_3(PO_4)_2 . 4H_2O$ oder $2CaO . FeO . P_2O_5 . 4H_2O$ (Sachs, Loczka).

Muthmann hat (diese Zeitschr. 1889, 17, 93) unter dem Namen »Messelit« ein Phosphat von der Zusammensetzung $(Ca, Fe, Mg)_3 . (PO_4)_2 . 2\frac{1}{2}H_2O$ beschrieben. Verf. nimmt an, daß dieses Mineral ein in Umwandlung begriffener Anapait sei, der einen Teil des Wassers verloren hätte.

4. Vivianit und seine Derivate.

Im Zusammenhange mit neuen Resultaten über diese Mineralien wiederholt Verf. Resultate aus seinen früheren Berichten über Phosphate aus der Krim.

Vivianit und seine Derivate zerfallen in zwei Gruppen, von denen die erste krystallisierte Mineralien, die zweite erdige Substanzen enthält.

1) Hellbraune bis fast farblose, im reflectierten Lichte stahlgraue Vivianitkrystalle. Strich weiß bis bläulich. Härte über 2. Spec. Gewicht 2,66 bei 20° C. (in Thoulet'scher Lösung). Stark pleochroitisch. Die Krystalle zeigen {110} und zwei gekrümmte Flächen aus der {*h o l*}-Zone, entweder {401} und {$\bar{4}$01} oder einen Complex domatischer Flächen in den Grenzen {401}, {100}.

Die Analyse fast farbloser Krystalle aus Janysch-Takil ergab:

P_2O_5	27,01
FeO	39,12
MnO	2,01
MgO	1,92
CaO	0,48
H_2O	28,75
	99,29

Aus der Analyse berechnet sich die Formel $(Fe, Mn, Mg, Ca)_3P_2O_8 . 8H_2O$. Solche Vivianite, die ungewöhnlich viel ($4-4\frac{1}{2}$ %) *Mn*, *Mg* und *Ca* enthalten bezeichnet Verf. mit dem Namen »Paravivianit« und unterscheidet sie von Vivianit aus dem Grunde, weil ihre Zusammensetzung auf den Proceß der Metamorphisation Einfluß ausübt.

2) Dunkelgrüne, zuweilen fast schwarze Pseudomorphosen nach der Form des Paravivianits. Strich und Pulver grün. Härte 3,5. Spec. Gewicht 2,65 bei 20° C. Stark pleochroitisch. Die Analysen dieses Phosphates aus Kamysch-Burun

	1.	2.	Mittel:
P_2O_5	28,19	28,21	28,20
Fe_2O_3	32,89	32,97	32,93
FeO	9,50	9,49	9,49
MnO	1,99	1,84	1,92
MgO	1,54	1,56	1,55
CaO	0,49	0,46	0,47
H_2O	25,04	24,91	24,98
			99,54

führen zur Formel $(Fe, Mn, Mg, Ca)O . Fe_2O_3 . P_2O_5 . 7H_2O$.

3) Verf. weist noch auf ein drittes krystallisiertes Phosphat hin. Es bildet ebenfalls Pseudomorphosen nach Paravivianit. Spec. Gewicht 2,65 bei 20° C. Härte 3,5 (etwas härter als das vorige Mineral). Pleochroismus fehlt.

Nach der Analyse des Phosphates aus der Grube der Neuen Quarantaine

P_2O_5	28,04
Fe_2O_3	41,82
MnO	2,57
MgO	1,22
CaO	0,79
H_2O	24,98
	99,42

erhält es die Formel $(Mn, Mg, Ca)O . 4Fe_2O_3 . 2P_2O_5 . 21H_2O$.

Unter den erdigen Phosphaten werden folgende beschrieben.

4) Lockeres pulverartiges Mineral von intensiv blauer Farbe (Janysch-Takil, Schelesny Rog). Unter dem Mikroskop ist das Pulver krystallinisch und pleochroitisch; es enthält Täfelchen, die den Spaltungstafeln des Vivianits ähnlich sind. Analysiert wurde das Mineral aus Janysch-Takil.

	1.	2.	Mittel:
P_2O_5	28,28	28,23	28,25
Fe_2O_3	20,25	20,39	20,32
FeO	23,47	23,47	23,47
MnO	0,08	nicht bestimmt	0,08
MgO	0,09		0,09
CaO	0,11		0,11
H_2O	27,18	27,58	27,38
			99,70

Die Formel berechnet sich aus den Analysen als $5FeO . 2Fe_2O_3 . 3P_2O_5 . 23H_2O$.

5) Lockeres gelbes Phosphat (Janysch-Takil'scher Abhang). Bildet dünne Schichten in Brauneisenstein und eisenhaltigen Lehmen. Wird mit dem blauen Phosphat (4) gewöhnlich zusammen angetroffen. Schwer von Unreinigungen abtrennbar. Laut Analyse besteht es aus:

	P_2O_5	25,36
	Fe_2O_3	43,67
(Vielleicht MnO_2)	MnO	0,11
	CaO	0,80
	MgO	0,31
	CO_2	Spur
	H_2O	27,66
	Rückstand	1,84
		99,75

Die genannten Phosphate sind aus Vivianit entstanden und stellen dessen Oxydationsproducte vor. Es läßt sich folgende Reihe der Phosphate aufstellen:

1. Vivianit (Paravivianit) $3RO . P_2O_5 . 8H_2O$
2. β-Kertschenit $5RO . 2Fe_2O_3 . 3P_2O_5 . 23H_2O$
3. α-Kertschenit $RO . Fe_2O_3 . P_2O_5 . 7H_2O$
4. Oxykertschenit $RO . 4Fe_2O_3 . 3P_2O_5 . 21H_2O$

Der Proceß der Umwandlung des Oxydulphosphates in Oxydphosphat geht so vor sich, daß nicht eine allmähliche Umwandlung von der Peripherie zum Inneren des Krystalles zustande kommt, sondern oxydiert wird nur das Eisen in gewissen Verhältnissen zu dem Oxydulmineral, wobei die Substanz vollkommen homogen bleibt. Den Oxydul-Oxydphosphaten schreibt Verf. sogar eine größere Beständigkeit zu, als dem Oxydulphosphat, das viel weniger verbreitet ist als die Oxydul-Oxydverbindungen.

Auf Grund des Oxydationsprocesses werden Structurformeln der beschriebenen Phosphate construiert, indem die Formel des Vivianits zu $3R_3P_2O_8$ angenommen wird.

1. Vivianit.

2. β-Kertschenit.

3. α-Kertschenit.

4. Oxykertschenit.

Paravivianit ist wahrscheinlich eine isomorphe Mischung von $Fe_3P_2O_8 . 8H_2O$ und $Mn_3P_2O_8 . 8H_2O$ und entsprechender Ca- und Mg-Verbindungen. Da das Mineral $FeO : (Mn, Mg, Ca)O$ fast gleich 8 : 1 aufweist, so würde Paravivianit die Structurformel des Vivianits erhalten, in der $8RO$ durch FeO und $1RO$ durch $(Mn, Mg, Ca)O$ ersetzt sein würden. Diese Vorstellung über den Paravivianit erklärt die Structurformel des Oxykertschenits, in dem $8FeO$ in $4Fe_2O_3$ übergehen, ein RO aber unverändert bleibt.

Unter die Vivianite und ihre Umwandlungsproducte reiht sich das Phosphat $\overset{II}{R}_7\overset{III}{R}_2P_6O_{25}$. Als Mineral ist diese Verbindung nicht bekannt; es wäre unter eisenärmeren Phosphaten zu suchen.

Was das Wasser der untersuchten Phosphate anbetrifft, so verlieren sie ungefähr die Hälfte desselben sehr leicht. Deshalb sind alle angegebenen Analysen mit lufttrockenen Proben ausgeführt. Bei näherer Untersuchung des α-Kertschenit hat Verf. gefunden, daß dieses Mineral bei 100° C. 14,17 % H_2O verliert (in 10 Stunden), was $4H_2O$ ausmacht.

Das reine Oxydphosphat stellt Verf. zur Gruppe des Beraunits; am nächsten kommt es dem Picit zu stehen. Von den meisten Berauniten und Eleonoriten unterscheidet es sich durch einen großen Wassergehalt.

Die beschriebenen Phosphate sind in allen Vorkommen (Ossowiny ausgenommen) angetroffen worden. In Kamysch-Burun und Janysch-Takil sind sie stark verbreitet. In Kamysch-Burun kommen hauptsächlich krystallisierte α-Kertschenit und Oxykertschenit vor, in Janysch-Takil β-Kertschenit und das Oxydphosphat aus der Beraunitgruppe.

Die krystallisierten Phosphate, zuweilen auch der erdige β-Kertschenit, stammen meistenteils aus Cardium-, Dreißensia-, Congeria-Muscheln und seltener aus Brachiopodenschalen. Solche Phosphate sind als secundäre Mineralien anzusehen, zu den primären sind dagegen die mit Brauneisenstein wechsellagernden erdigen Phosphate zu zählen.

Werden Vivianit und Paravivianit nicht nur durch Sauerstoff oxydiert, sondern noch durch CO_2 oder andere Agentien, oder ist das Ausgangsmineral viel von Vivianit und Paravivianit verschieden, so ist kein Grund für die angegebene Gesetzmäßigkeit vorhanden. Verf. hat ein hellgrünes Phosphat aus Kamysch-Burun analysiert und gefunden

P_2O_5	30,09
Fe_2O_3	37,81
FeO	0,29
MnO	2,10
CaO	12,43
MgO	Spur
CO_2	5,28
H_2O	11,83
	99,83

Von den Umwandlungsproducten des Vivianits steht dieses Phosphat weit ab. Ist es aus Vivianit entstanden, so muß der Umwandlungsproceß sehr compliciert gewesen sein. Unter dem Mikroskop ist die Substanz homogen und übt auf das polarisierte Licht keine Wirkung aus.

5. Psilomelan und Wad.

Manganverbindungen kommen hauptsächlich in den Gruben der Gesellschaft Providence, des Herrn Bock und der neuen Quarantaine vor. *Mn*-Verbindungen werden in Concretionen (stellenweise zu Schichten vereinigt) angetroffen. Die Knollen enthalten Muscheln, strahligen Aragonit und Baryt. Härte verschieden, $3\frac{1}{2}$—5. Die härteren Knollen sind intensiv schwarz, zuweilen metall-glänzend, die weicheren teils auch schwarz, teils dunkelbraun. Wie die härteren, so gehen auch die weicheren Knollen allmählich in ein weiches lockeres Erz über. Das letztere wurde analysiert:

MnO	4,62
MnO_2	62,03
Fe_2O_3	3,59
Al_2O_3	0,27
BaO	0,37
CaO	6,69
MgO	0,66
Na_2O	1,22
H_2O	11,21
Rückstand + SiO_2	9,75
	100,41

Diagnostische Merkmale und die Analyse stellen diese *Mn*-Verbindung zu Psilomelan und Wad. Da Psilomelananalysen stets etwas Wasser, Wade andererseits zuweilen eine große Härte aufweisen, ist es schwer zwischen Psilomelan und Wad eine bestimmte Grenze zu ziehen. Verf. meint unter den angetroffenen *Mn*-Verbindungen zwei Substanzen zu unterscheiden, die, genetisch miteinander verbunden, eines in das andere durch Hydratisierung übergehen.

6. Baryt.

Baryt ist hauptsächlich in den Gruben Providence, neue Quarantaine und Kamysch-Burun ziemlich verbreitet.

1) Radialfaserige Krusten mit rundlicher Oberfläche (Providence) oder kugelige Ausscheidungen in Cardidenmuscheln zusammen mit Gyps und Vivianit.

2. Concretionen von dichter Ausbildung enthalten Oolithe *Mn*-haltigen Brauneisensteins und Quarzkörner. Die Menge der Oolithe variiert von einzelnen Körnern bis zur oolithischen Masse, die mit Barytcement verbunden sind.

3) Pseudomorphosen nach Holz sind sehr oft in der Grube Kamysch-Burun.

4) Krystalle, tafelig nach {001}, kommen selten auf Höhlungen der Knollen vor. Tafelige schlecht ausgebildete bis fächerförmige Ausbildungen sind auch auf *Mn*-haltigen Knollen in der neuen Quarantaine angetroffen worden.

7. Gyps.

Gyps ist hauptsächlich in Concretionen verbreitet. Selten werden flache Krystalle mit den gewöhnlichen Formen {110}, {111}, {103} und {010} oder dünne, aus Lamellen bestehende Schichten gefunden. Gyps secundärer Bildung ist in schönen Krystallen in Muscheln und in Höhlungen und Spalten in Brauneisenstein auskrystallisiert. Seine Tracht ist die gewöhnliche, oben angegebene.

8. Aragonit.

Aragonit ist in den Gruben der Providence und denjenigen des Herrn Bock constatiert worden. Er bildet Krusten feiner nadeliger Krystalle in Muscheln. Muscheln mit Aragonit beziehen sich auf *Mn*-Concretionen. Am Aragonit wurden beobachtet: {110}, {010}, domatische und pyramidale Formen. Das Entstehen des Aragonits kann durch Wirkung CO_2-haltiger Wässer auf *Ca* des *Mn*-Minerals erklärt werden.

9. Calcit.

Calcit ist in den Erzschichten selten krystallisiert. Verf. hat ihn nur in der Grube Providence unter *Mn-Fe*-Ablagerungen angetroffen.

10. Braunkohle.

Lignit kommt in kleinen Stücken in lockerem Brauneisenstein vor.

11. Realgar. 12. Auripigment.

Außer diesen selteneren *As*-Mineralien aus Schelesny Rog sind in den Taman'schen und Kertsch'schen Erzlagern keine Sulfide gefunden worden.

Ref.: Wold. Isküll.

5. **W. Vernadsky** (in Moskau): **Über die Notwendigkeit der Untersuchung radioactiver Mineralien des russischen Reiches** (St. Petersburg 1910, 1—54, Ausgabe d. Akad. d. Wissenschaft).

Die Feststellung des Vorrates an radioactiven Substanzen und der *Ra*-Vorkommen ist eine Tagesfrage für die Entwickelung der wissenschaftlichen Arbeit im Gebiete der radioactiven Erscheinungen.

Die Hauptquelle des Radiums ist das Vorkommen des Uranpecherzes in Joachimsthal in Böhmen. Der Vorrat an Nasturan ist hier aber nicht groß. Außer diesem Vorkommen gibt es in Europa und auf anderen Continenten keine mehr oder minder sichere Vorkommen *Ra*-haltiger Mineralien. Wenn im Westen Europas die Hoffnung solche sichere Vorkommen zu finden nach den durchgeführten Untersuchungen gering geblieben und in den Vereinigten Staaten noch nicht aufgegeben ist, so harren in anderen Weltteilen noch große Gebiete des Forschers.

Unter diesen Bedingungen ist die Erforschung der *Ra*-Erze im russischen Reiche in höchstem Grade erwünscht, um so mehr, da bestimmte Anzeigen über Anwesenheit hauptsächlich der *U*-Verbindungen von verschiedenen Stellen gemacht worden sind. Verf. bemerkt, daß Uran überhaupt kein besonders seltenes Element ist. Als Beimengung in verschiedenen Mineralien ist es oft constatiert worden. Möglich, daß Uran in *Y-Ce*-Mineralien bedeutend stärker verbreitet ist, als es seine reinen Verbindungen sind.

Verf. nennt verschiedene Arten primärer und secundärer Vorkommen von *U*- und *Th*-Verbindungen und weist auf bekannte, aber nicht näher untersuchte, und vermutete Vorkommen *U*- und *Th*-haltiger Mineralien in Rußland hin.

Zum Schluß wird ein ungefährer Plan der Untersuchung vorgelegt.

Ref.: Wold. Isküll.

6. J. Samojlow (in Petrowsko-Rasumowskoje bei Moskau): **Über einige Mineralien aus dem Gebiete der Phosphoritlager im Gouv. Kostroma** (Verhandl. der Comiss. des landwirtschaftl. Inst. in Moskau über Untersuch. der Phosphorite. Geol. Untersuch. über d. Phosphoritlagerst. 1909, 1, 145—157).

[Seit dem Jahre 1908 haben unter Leitung von Prof. J. Samojlow Detailuntersuchungen der Phosphoritlager Rußlands begonnen. Die Untersuchungen verfolgen praktische Zwecke, haben aber auch ein großes wissenschaftliches Interesse, da sie jetzt systematisch und in großem Maßstabe unternommen worden sind.]

Einige Autoren haben die Meinung ausgesprochen, daß Phosphorit-Knollen im Gestein erst nach der Bildung des letzteren entstanden sind, wobei der Phosphor Mineralien oder organischen Resten entnommen worden ist, die anderen bezeichnen die Phosphoritknollen als mit den Gesteinen gleichzeitig entstandene Bildungen. Die Bildung und den Bau der Kostroma'schen Phosphorite besprechen A. Archangelsky und A. Iwanow auf den vorangehenden Seiten der Verhandlungen.

Aus den Analysen (am ungereinigten Material durchgeführt) ist zu ersehen, daß die Phosphorite aus einigen Schichten ihren constanten Charakter behalten, so die glänzenden Phosphorite vom Flusse Kistega und Jurjewo. Andererseits sind die Phosphorite der »Hauptschicht« westlich reicher an P_2O_5 als die östlichen.

Der Phosphorit wird von Glaukonit begleitet. Stark verbreitet ist im untersuchten Gebiete Pyrit in Knollen und verschieden großen Einschlüssen; er bildet aber keine bedeutenden Anhäufungen. Die Knollen bestehen aus einer Kruste dicht verwachsener Krystalle; der innere Teil des Knollen stellt entweder verkohltes Holz mit FeS_2 oder feinkrystallisierte FeS_2-Substanz dar. Der innere Teil der Knollen verwittert leichter zu Sulfaten als die Kruste, *Fe*-Oxydhydrate bilden sich selten.

Der Eisenkies enthält Kupfer nur in Spuren. Sehr selten wurde Malachit auf Perm'schen Sandsteinen (Mordwinow) beobachtet. Von Kalkcarbonaten nennt Verf. Tuff (im westlichen Teil) und Kalkspat. Calcit füllt Ammoniten, Belemniten oder bildet dünne Schichten in Mergelknollen im Lehm der sequanen Stufe. Diese Schichten bestehen entweder nur aus Calcit, oder sie zerfallen in drei Schichten: Pyrit, Calcitkruste mit winzigen kugeligen Calcitanhäufungen (I. Generation) und eine dickere Calcitkruste (II. Generation) mit spitzen Rhomboëdern auf Höhlungen.

Gyps wurde in Schuppen, Blättchen und Kryställchen zuweilen verbreitet beobachtet. Selten (Nikola Jos) wurde die gewöhnliche Combination der Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$ und $l\{111\}$ unterschieden. Zwillinge nach $\{100\}$.

Baryt bespricht Verf. an anderer Stelle (s. Ref. Nr. 7).

Ref.: Wold. Isküll.

7. **J. Samojlow** (in Petrowsko-Rasumowskoje bei Moskau): **Über einige Mineralien aus dem Gebiete der Phosphoritlager in den Gouv. Kostroma und Simbirsk** (Verhandl. der Comiss. d. landwirtschaftl. Inst. in Moskau über Untersuch. d. Phosphorite. Geol. Untersuch. über d. Phosphoritlagerstätten 1910, 2, 131—150).

Die zusammenfassende Abhandlung des Verfs. behandelt die Resultate der Untersuchungen über Phosphorite 1) der Gouv. Kostroma und Jarosslawl und 2) des rechten Wolga-Ufers im Gouv. Simbirsk und nördlichen Teil des Gouv. Saratow.

Nach W. Winogradow haben die Phosphorite der »Hauptschicht« im Gouv. Kostroma folgende Zusammensetzung:

	1.	2.
P_2O_5	28,98	25,10
CaO	44,60	47,07
MgO	0,64	0,69
Al_2O_3	2,60	1,64
Fe_2O_3	1,34	1,26
K_2O	0,34	0,33
Na_2O	0,74	0,59
CO_2	5,54	11,72
SO_3	0,99	0,87
SiO_2	0,40	0,14
F	3,28	2,97
Cl	Spur	Spur
FeS_2	0,60	0,72
Unlösl. Rückstand	2,96	0,76
H_2O u. organ. Verbind.	7,96	7,72
H_2O bei $t^0 = 105$	0,90	0,73

1) Phosphorit aus der Portlandstufe (Pustosch-Gorki am linken Ufer des Flusses Kistega).

2) Phosphorit aus der Aquiloner Stufe oder unterem Neocom von demselben Ort.

Wenn der hohe F-Gehalt im Vergleich mit der theoretischen Zahl des Apatits für F der unvollkommenen analytischen Methode zugeschrieben und $O = F$ abgezogen wird, erhalten die Analysen die Summen: 1) 100,10%, 2) 100,63%. Verf. nimmt an, daß in den analysierten Phosphoriten P und F zu Apatitsubstanz verbunden sind und berechnet folgende Zusammensetzung der Phosphorite:

	1.	2.
$Ca_5F(PO_4)_3$	68,57	59,39
$CaCO_3$	11,00	24,93
$MgCO_3$	1,34	1,44
$CaSO_4 . 2H_2O$	2,13	1,87
FeS_2	0,60	0,72

Die Alkalien gehören dem Glaukonit an; es fehlt jedoch die Möglichkeit, die Menge dieses Minerals auszurechnen. Außerdem muß in den Phosphoriten eine geringe Menge Thon, *Fe*-Oxydhydrate und Quarz angenommen werden.

Die Verbreitung des Fluors in Sedimenten ist bedeutend, wenn man annimmt, daß der Vorrat des *F*-haltigen Phosphorit ein recht großer ist. Die Concentrierung des Fluor in Sedimenten ist demnach eng mit der Frage über die Phosphoritbildung verbunden. Fluor verdankt sein Vorhandensein in Phosphoriten wahrscheinlich hauptsächlich harten Teilen der Tiere. Dafür liegen auch literarische Beweise vor.

Verf. hat mit Frl. O. Kaschewarow in Phosphoriten Arsen in kleinen Mengen constatiert.

Zufällig wurde die Beobachtung gemacht, daß Phosphoritknollen aus dem Gault bei Sengilei weniger P_2O_5 (16,0 %), als das sie führende feste sandig-lehmige Gestein (17,3 %) bei gleichem unlöslichem Rückstande (37,2 %) enthalten. Es fehlen morphologische Merkmale, auf welche hin man diesen *P*-Gehalt bei der Untersuchung im Felde vermuten könnte.

Die Simbirsk'schen und Saratow'schen Phosphorite besitzen (mit Ausnahme einer der zwei Generationen Turonischer Phosphorite) einen großen in Säure unlöslichen Rückstand.

Es wurden analysiert: 1. Portland'scher Phosphorit aus Repjewka 1) und Gorodischtsche 2) und Oxford'scher Phosphorit aus Gorodischtsche 3).

	1.		2.		3.	
P_2O_5	25,49		25,35		28,03	
CaO	41,32		40,48		41,41	
MgO	0,54		0,61		0,76	
Al_2O_3	1,85		3,01		5,69	
Fe_2O_3	3,67		5,33		1,78	
K_2O	0,55		0,62		0,46	
CO_2	6,98		6,16		6,61	
SO_3	5,35		3,16		2,27	
SiO_2	9,31		9,90		7,83	
Glühverlust	4,01	(Organ. Subst. 2,92)	4,55	(Organ. Subst. 1,21)	4,24	(Organ. Subst. 0,54)
H_2O hygrosk.	1,36		1,20		0,74	
	100,43		100,37		99,82	

Fluor wurde nicht bestimmt.

Schwefelkies begleitet sporadisch (wie schon im vorangehenden Referat erwähnt) die Phosphoritlager. Er wird in verschiedenen Sedimenten des untersuchten Gebietes in Knollen mit schlecht ausgebildeten Krystallen beobachtet. Sehr reich an Schwefelkies sind Phosphorite von Poliwny-Gorodischtsche und Kaschpur. Arsen ergaben Phosphorite bis 1 % *As* (Nikola Jos), oder sie enthielten kein Arsen (Alexandrowka, Poliwny).

Kalkspat wurde auf Septarienspalten in verschieden gefärbter stalaktitischer Form, zuweilen bedeckt mit Calcitkryställchen, beobachtet (Gorodischtsche-Poliwny, Kaschpur).

In grauen senonischen Mergeln wurde auf Klüften Ljublinit in Form dünner weißer Fasern oder filzartiger dünner Krusten gefunden.

Stark verbreitet ist Glaukonit in verschiedenen Sedimenten. In aquilonen Schichten bildet er bei Kaschpur größere Anhäufungen.

Als Umwandlungsproducte des Schwefelkies werden von vielen Stellen wasserhaltige Eisensulfate (Vitriole) genannt.

Sehr stark ist bisweilen in sehr großen Krystallen Gyps verbreitet. Lose Krystalle sind in großer Zahl aus neocomen Lehm (Poliwny, Kaschpur) beobachtet worden. Die Krystalle sind nach der Z-Achse bis 15 cm lang und senkrecht zu Y flach; sie besitzen die gewöhnlichen Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$ und $l\{111\}$ und sind mit mehreren Systemen paralleler Risse durchquert. Zwillinge nach $\{100\}$. Zu erwähnen sind Ätzerscheinungen an Gyps. Einzelne Formen sind stark verschieden angeätzt: am stärksten $l\{111\}$, am wenigsten $b\{010\}$. Als Ätzmittel diente die sich aus Schwefelkies bildende Schwefelsäure. Ferner wurden faseriger Gyps auf Septarien und Pseudomorphosen nach Belemniten beobachtet.

Über Schwerspat hat Verf. eine besondere Schrift veröffentlicht (s. das Ref. Nr. 7). Hier wäre außerdem das Vorkommen des Schwerspates bei Kostytschi im Gouv. Simbirsk zu nennen, wo im Bath'schen Lehm dunkelgraue lehmige Sideritknollen in Limonitadern oder im Siderit selbst Barytadern mit Eisenkieskörnern enthalten sind.

Ref.: Wold. Isküll.

8. F. Flawitzky (in Kasan): **Anwendung der Gesetze der Eutexie bei eutektischen Silikatschmelzen** (Sitzungsber. der Naturf. Ges. an d. Universität Kasan 1910, Nr. 253, 1—18).

Die Molekülgröße einer Substanz in festem Zustande konnte bisher chemisch nicht ermittelt werden und die Frage über Polymerie des Moleküls fester Substanzen ist noch unentschieden.

Vogt hat versucht die Frage über die Größe einiger Silikatmoleküle durch Anwendung des van 't Hoff'schen Gesetzes auf ihre eutektischen Schmelzen zu lösen.

Verf. betrachtet vier eutektische Schmelzen: 1) Augit (Diopsid)-Olivin, 2) Augit (Diopsid)-Åkermannit, 3) Melilith-Olivin und 4) Melilith-Anorthit und findet, daß die Formel van 't Hoff's keine molekulare Depressionen der Silikate in ihren eutektischen Schmelzen geben kann, da diese Größen verschieden von den nach Raoult ermittelten sind.

Die Zusammensetzung der Schmelzen und das Herabsetzen des Schmelzpunktes der Silikate berechnen sich mit besserer Annäherung nach dem Gesetze der Eutexie, als nach der van 't Hoff'schen Formel. Die gleichen molekularen Depressionen in den betrachteten Fällen und auch die gleiche Polymerie der Moleküle schmelzenbildender Silikate bestätigen nicht die Folgerung Vogt's, daß die Moleküle dieser Silikate einfache, nicht polymere, Formeln haben müssen.

Ref.: Wold. Isküll.

9. R. Drawert (in Kasan): **Verzeichnis der Mineralien des Jakutsker Gebietes, repräsentiert in der Collection des Stadtmuseums Jakutsk, mit Angabe ihrer Vorkommen** (Ebenda 1910, Nr. 254, 1—25).

Die Publication enthält Angaben über die im Jakutsker Lande gefundenen Mineralien und benennt ihre Vorkommen. Das Verzeichnis der Mineralien ist in deutscher Sprache beigegeben.

Ref.: Wold. Isküll.

10. W. Mironow (in St. Petersburg): **Ein Vorkommen radioactiver Mineralien** (Sitzungsber. der Naturf. Ges. in St. Petersburg 1910, Nr. 7—8, 286—290).

Verf. besuchte das Vorkommen seltener Mineralien zu Tuja-Majun 50 Werst nach SO. von der Stadt Andischan in der Fergana im Alai'schen Vorgebirge. Es liegt in körnigen devonischen Kalksteinen und ist gegenwärtig ausgebeutet.

Verf. weist aus dem Vorkommen auf folgende Mineralien hin, die er photographischen und elektrometrischen Untersuchungen unterworfen hatte: 1) Ferganit (beschrieben von Antipow), 2) *V*-Erz erster Sorte (»Tabak«-Erz), 3) Baryt, 4) ein himmelblaues Mineral, das im Gestein Krusten- und Anflugartig verteilt ist, 5) ein compactes grünes Mineral und 6) ein schwarzes, nierenförmige Anhäufungen und Krusten in Anhöhlungen des Gesteins bildendes Mineral. Die letzten drei Mineralien sind chemisch näher noch nicht untersucht.

Die radiographische Methode gab relativ schwache Resultate.

Mit dem Elektrometer Wilson's hat Verf. Resultate gewonnen, die in der folgenden Tabelle aufgestellt sind

	Beobachtungszahlen:	Mittleres Fallen des Elektrometerblättchens auf 10 Teilstriche in Minuten:	Coëfficient der Radioactivität (Rad. $ThO_2 = 1$ gesetzt):
Th-Oxyd	15	4,6	1,00000
Ferganit	30	3,2	1,43750
V-Erz	1	255,0	0,01804
Baryt	2	277,0	0,01673
Himmelblaues Mineral	3	313,3	0,01468
Grünes Mineral	1	330,0	0,01393
Die Luft während des Experimentes	6	345,0	0,01393

Die Zahlen der letzten Columne leiden an Genauigkeit, die von der Ionisation der Luft abhängt.

Verf. vergleicht die Radioactivität des Ferganit mit dieser Eigenschaft früher untersuchter Mineralien (Sklodowska Curie) und erhält folgende Coëfficienten, wobei die Radioactivität von ThO_2 gleich 1 gesetzt ist:

U-Pecherz, Johanngeorgenstadt	2,16
U-Pecherz, Joachimsthal	1,82
Ferganit	1,44
Chalkolith	1,35
Th-Oxyd	1,00
Autunit	0,70
Metallisches Uran	0,50
Verschiedene *Th*-Verbindungen	0,36—0,03
Schwefelsaures Uran	0,18
Xenotim	0,01
Tantalit	0,005

Aus der angegebenen Reihe ist zu ersehen, daß der Ferganit eine recht hohe Radioactivität besitzt.

Ref.: Wold. Isküll.

11. W. Silbermüntz (in Petersburg): **Vorläufige Mitteilung über die Reise in die südliche Fergana** (Sitzungsber. der Naturf. Ges. in St. Petersburg 1910, Nr. 7—8, 290—296).

Verf. gibt eine vorläufige geologische Beschreibung seiner Reise ins Alai-Gebirge, dem Alai-Tal und ins Trans-Alai-Gebirge und macht Angaben über einige Mineralvorkommen.

Ref.: Wold. Isküll.

12. P. Tschirwinsky (in Nowotscherkassk): **Nochmals Ljublinit** (Mém. (Sapisski) de la Soc. des Natur. de Kieff. 1910, **21** (3), 285).

Verf. macht Berichtigungen zur bibliographischen Bemerkung N. Watitsch (Ann. géol. et minéral. 1908, **9**, livr. 9) über »Lublinit, eine neue Mineralart des Kalkspat«. Verf. hält auch jetzt nicht für ausgeschlossen, daß der Lublinit eine neue Modification des kohlensauren Kalkes ist und schließt sich sicherer der Meinung an, daß er kein Hydrat des Kalkcarbonats ist.

Ref.: Wold. Isküll.

13. Derselbe: Ein neues Verfahren zur Bestimmung der relativen Übergangsgeschwindigkeit einer Substanz aus dem flüssigen Zustande in den krystallinischen und umgekehrt (Ebenda 297—305).

Das Verfahren beruht auf der Kenntnis der quantitativen Zusammensetzung der Eutektika und Kryohydrate.

Verf. entnimmt einige Zweistoff-Eutektika den Tabellen von Landolt-Börnstein und den Arbeiten J. Vogt's, für die die relative Übergangsgeschwindigkeit annähernd in Gewichtsverhältnissen bekannt ist; eine der Componenten in den Systemen setzt Verf. = 1.

1.	Zinn-Blei	2,6 : 1	
2.	Zink-Aluminium	19,4 : 1	
3.	Blei-Antimon	7,3 : 1	
4.	Cadmium-Zink	4,7 : 1	
5.	Diopsid-Olivin	2 : 1	(68—67% : 32—33%)
6.	Rhodonit-Fayalit	2 : 1	
7.	Melilith-Olivin	3 : 1	(74—75% : 26—25%)
8.	Åkermanit-Diopsid	1,5 : 1	(60% : 40%)
9.	Melilith-Anorthit	1,5 : 1	
10.	Orthoklas-Quarz	2,6 : 1	

Die Methode zur Bestimmung der Übergangsgeschwindigkeit einer Substanz aus einer Phase in die andere bezieht sich auf folgende Fälle: 1) wenn künstliche Darstellung der Mineralcombinationen aus Schmelzflüssen nicht gelingen und 2) wenn schnell krystallisierende und dabei undurchsichtige Substanzen untersucht werden (Metallegierungen). Sie besteht darin, daß, wenn zwei Eutektika bekannt sind, ein drittes berechnet werden kann. Z. B. sind bekannt 7 und 8 in der angeführten Reihe, so läßt sich das Eutektikum Diopsid-Olivin (5) aus der Gleichung $26 : 74 = x : 66$, berechnen: (x ist die Menge des Olivin, welche 40 Gewichtsteilen des Diopsid entspricht, also $= 21$).

Hiernach enthält das Eutektikum Diopsid-Olivin 65,6% Diopsid und 34,4% Olivin, statt 68 (67) : 32 (33).

Die Zusammensetzung eines Kryohydrates aus zwei bekannten

1) $C_2N_4Br_2 + 1{,}170\ C_6H_6$
2) $1{,}01\ C_2N_4Br_2 + C_2N_4O_2$ bestimmt sich als $C_2N_4O_2 + C_6H_6$.

Durch Versuche wurde $C_2N_4O_2 + 1{,}0147\ C_6N_6$ festgestellt.

Die Berechnung der Eutektika bei Metallen ergab, z. B.

$$94{,}5\ Sn + 5{,}5\ Sb$$
$$98{,}5\ Cd + 1{,}1\ Al$$

Diese Eutektika sind nicht bekannt.

Verf. hält sie für wahrscheinlich, wenn Schmelztemperaturen und latente Schmelzwärmen in Betracht gezogen werden.

Ref.: Wold. Isküll.

14. W. Weber (in St. Petersburg): **Geologische Untersuchungen in Fergana in den Jahren 1909 und 1910** (Bull. de Com. Géol. 1910, 29, 603—692; fanzös. Resumé).

Aus dem Untersuchungsgebiete nennt Verf.: Kohle, Naphta, Kupfererz, Asbest, Gold, Bleiglanz, Roteisenerz, Hämatit und roten Jaspis.

Ref.: Wold. Isküll.

15. J. Ostromysslensky (in Moskau): **Untersuchungen im Gebiete der optischen Isomerie** (Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. Chem. Teil 1910, 42, 102—109).

I. Über den Mechanismus der Entstehung pseudoracemischer Mischkrystalle.

Verf. findet, daß 1) die Bildung der sogenannten pseudoracemischen Mischkrystalle aus enantiomorphen Formen zweier optischen Antipoden oder aus ihren racemischen Verbindungen in der Tat ein Umwandlungsproceß dieser Antipoden in eine dimorphe Modification holoëdrischer Classe ist und 2) optische Antipoden, die unter sich in beschränkten Verhältnissen Mischkrystalle geben würden, nicht existieren; sie besitzen aber die Eigenschaft mit Racematen feste Lösungen zu geben.

II. Über das Verhältnis zwischen Krystallform und der Structur asymmetrischer Substanzen.

Wenn eine Substanz in enantiomorphen Formen krystallisiert, so zieht jedes seiner Antipoden vor, ausschließlich in einer dieser Formen zu krystallisieren, mit anderen Worten: racemische Verbindungen krystallisieren nicht in enantiomorphen Krystallen. (L. Tschugajew hat ausgesprochen: »racemische Substanzen triboluminisieren nicht.«) Diese Regel hat in der umfangreichen Literatur keine Ausnahme.

Ref.: Wold. Isküll.

16. A. Doroschewsky und **A. Bardt** (in Kasan): **Über Wechselreactionen künstlicher Zeolithe** (Ebenda 435—442).

Natürliche Zeolithe besitzen die Eigenschaft, mit wässerigen Lösungen metallischer Salze in Wechselreactionen zu treten. Gans hat eine Darstellung

künstlicher Silikate gefunden, die nach ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften sehr nahe den natürlichen Zeolithen stehen.

Die Reaction wird folgendermaßen ausgedrückt: (mH_2O ausgelassen):

$$Ze.Na_2O + R(HCO_3)_2 = Ze.RO + 2NaHCO_3 (Ze = nSiO_2Al_2O_3)$$

oder $$Ze.Na_2O + RSO_4 = Ze.RO + Na_2SO_4.$$

Die Verff. untersuchten die Wirkung auf die Schnelligkeit der Wechselreaction der künstlichen Zeolithe

1) des Mediums,
2) der Temperatur,
3) des Charakters des metallischen Jon des gelösten Salzes

und fanden, daß 1) beim Steigen der Dissociation der Salzlösung die Schnelligkeit der Wechselreaction wächst. 2) Das Steigen der Temperatur beschleunigt bedeutend die Reactionsgeschwindigkeit, indem der Curvencharakter sich wenig ändert. 3) Mit dem Steigen des Atomgewichtes des Metalles steigt auch die Reactionsgeschwindigkeit (Versuche mit *Mg*-, *Ca*-, *Sr*- und *Ba*-Chloriden; *Mg* reagiert bedeutend schwächer, als die übrigen Elemente dieser Gruppe).

Ref.: Wold. Isküll.

17. **J. Ostromysslensky** (in Moskau): **Zur Frage über die Natur der Triboluminescenz** (Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. Chem. Teil 1910, **42**, 591—606).

Verf. untersucht auf Triboluminescenz eine Anzahl organischer Substanzen und kommt zu folgenden Schlüssen:

1) Constante Triboluminescenz weisen Krystalle ohne Centrum der Symmetrie auf. Die Zusammensetzung und Structur des Moleküls sind insofern mit der Triboluminescenz einer Substanz verbunden, als sie in ihrer Krystallform zur Wirkung kommen. Die Erscheinung der constanten Triboluminescenz wird wahrscheinlich durch pyro- und piëzoëlektrische Entladungen hervorgerufen.

2) Die Triboluminescenz einer Anzahl von Substanzen kann genau vorausgesehen werden. Verf. gibt eine rationelle Basis zur Classification triboluminescierender Substanzen.

3) Constante Triboluminescenz der Substanzen kann als Kriterium zur Unterscheidung fester Lösungen von den Absorptionserscheinungen dienen.

4) Constante Triboluminescenz läßt oft nicht nur die Existenz krystallisomerer Formen einer Substanz von bestimmtem Habitus erraten, sondern auch genaue Bedingungen, bei welchen diese Isomeren entstehen müssen, vorhersehen.

5) Constante Triboluminescenz ist ein Beweis für das Fehlen des Centrums der Symmetrie. [Prof. Vernadsky erklärt diese Erscheinung (s. das Ref. Nr. 9) bei Krystallen mit dem Centrum der Symmetrie durch polare Vectorialität der Krystallflächen].

Ref.: Wold. Isküll.

18. **Derselbe: Untersuchungen im Gebiete der optischen Isomerie** (Ebenda 607—609).

I. Triboluminescenz als Kriterium zur Unterscheidung racemischer Verbindungen von Conglomeraten.

Racemische Verbindungen triboluminescieren im Gegensatz zu den Antipoden und ihren Conglomeraten nicht constant. Die Angaben über Triboluminescenz

racemischer Substanzen zählt Verf. zu den Beobachtungen über zeitweilige Triboluminescenz, oder solche Verbindungen werden sich dann als Conglomerate entsprechender Antipoden erweisen.

II. Über Bestimmung des Übergangspunktes mit Hilfe der Triboluminescenz.

Wenn beim Abkühlen oder Erwärmen eines triboluminescierenden Conglomerates der Antipoden der Racemisationsproceß eintritt, so muß gleichzeitig die Triboluminescenz dieser Substanz erlöschen. Auf diese Weise kann der Übergangspunkt der Reaction Racemat $\rightleftarrows$ d, l-Conglomerat bestimmt werden.

Auf dieselbe Weise kann der Übergangspunkt zweier krystallisomerer Formen einer Substanz, von denen nur eine constant triboluminesciert, bestimmt werden. (Die zwei Modificationen von KNO_3).

Ref.: Wold. Isküll.

19. P. Laschtschenko (in Newotscherkassk): **Über Wärmekapacität des Baryts, Witherits, geschmolzenen Kalkes, Quarzes und Chalcedons bei hohen Temperaturen** (Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. Chem. Teil 1910, **42**, 1604—1614 und Travaux de la Soc. des Sc. phys.-chim. à l'Univ. de Charkow 1910, Suppl. **22**, 11—21).

Verf. untersucht solche Objecte, von denen nach anderen Methoden bekannt war, daß sie bei hohen Temperaturen polymorphen Umwandlungen unterworfen sind.

Verfs. Methode bestand im Erhitzen der Mineralien im Heraeus'schen Ofen. Die Temperatur wurde bis 300^0 mit einem Quecksilberthermometer, höher, mit dem pyrometrischen Galvanometer Le Chatelier ermittelt. Das bis zur nötigen Temperatur erhitzte Mineral wurde auf Abgabe seiner Wärme im Calorimeter untersucht.

$BaSO_4$ gibt graphisch eine steigende, fast gerade Linie für die Wärmekapacität, die bei 150^0 mit den Beobachtungen Regnault's übereinstimmt. Daß der Gang der Linie ohne Knicke geschieht, ist ein Beweis, daß $BaSO_4$ sich bis 1050^0 in keine andere polymorphe Substanz umwandelt. $BaCO_3$. Mit zunehmender Temperatur steigt die specifische Wärme des Witherits. Bei 800^0 bis 810^0 gibt sie einen Knick, der mit dem kritischen Punkte Le Chatelier's bei 795^0 übereinstimmt, von Landolt aber als Schmelzpunkt dieses Minerals angenommen wurde. Der Schmelzpunkt liegt über 1060^0.

Geschmolzener CaO. Da CaO mit Wasser im Calorimeter reagiert, wurde die Untersuchung in Petroleum vollzogen. Bei 400^0—415^0 ist ein Transformationspunkt zu ersehen.

Chalcedon zeigt einen Knick in seiner Curve bei 225^0, der den dilatometrischen Beobachtungen Le Chatelier's vollkommen entspricht.

Quarz. Die Änderung der Wärmekapacität des Quarzes zerfällt in drei Teile. Bis 580^0 beobachtet man bei zunehmender Temperatur ein schwaches Steigen seiner Wärme. Der erste Knick in der Curve geschieht bei 580^0—600^0. Bei 700^0 beobachtet man ein ferneres Steigen der Wärme (einer zweiten Quarzmodification); von 700^0 an fällt sie sehr langsam bis 892^0, dem letzten Messungspunkt des Verfs. Dilatometrisch weist Le Chatelier auch auf den Punkt bei 580^0 hin.

Ref.: Wold. Isküll.

20. A. A. Kaschinsky (in Moskau): **Vesuvian vom Kordon Karmankúl (im südlichen Ural)** (Annales de l'Institut des Mines etc., Petersburg 1910, 2, 77—79).

Verf. beschreibt einige Vesuviankrystalle, die er während der mineralogischen Excursion mit den Studenten der Kasan'schen Universität in der verlassenen Chromitgrube bei Kordon Karmankúl am Ufer des Flusses Irimel, 45 Werst südwestlich von Miass und ca. 3 Werst vom Dorf Muldaschewo, gefunden hat. Die Kryställchen sind nicht größer als 1 mm und sitzen in kleinen Hohlräumen eines verwitterten Gesteins, das, wie unter dem Mikroskop zu sehen ist, auch Vesuvian und Magnetit enthält. Die Kryställchen sind gelblichgrün, durchsichtig, mit glänzender Oberfläche; die Flächen sind oft mit kleinen Pünktchen bedeckt, die erst mit einer starken Goniometerlupe sichtbar sind. An neun Kryställchen beobachtete Verf. folgende Formen: {111}, {100}, {001}, {101}, {110}, {311} und {331}, wobei nur {111} befriedigende Reflexe gibt. Verf. gibt folgende Winkel, die er durch Messung am Fedorow'schen Universalgoniometer erhalten hat, nebst entsprechenden Daten aus Goldschmidt's »Krystallographischen Winkeltabellen« (S. 187):

Formen:	Kordon Karmankúl:		Poljakow'sche Grube:		Goldschmidt:	
	ϱ	φ	ϱ	φ	ϱ	φ
{111}	37°15′	44°59′	37°14′	45′	37°14½′	45°
{101}	28 14	89 59	nicht beobachtet		28 15½	90
{110}	90	45	beobachtet		90	45
{100}	90	0 16	beobachtet		90	0
{121}	nicht beobachtet		50 15	26 53	50 14½	26 34′
{131}	59 43	18 35	59 30	18 27	59 32	18 26
{331}	66 30	45	66 17	45 1	66 19	45
{132}	nicht beobachtet		40 22	18 30	40 22	18 26
{001}	beobachtet		beobachtet		0 0	0 0

Die Kryställchen sind tafelförmig, oft mit der Fläche {110} am Gestein angewachsen. Die am nächsten liegenden Vesuvianvorkommnisse sind: Kumatschinskija-Berge bei der Poljakow'schen Grube, Schischimskija-Berge beim Dorf Medwedjewa, die Achmatow'sche und Nikolai-Maximillianow'sche Grube. Die Winkel der zweiten verticalen Rubrik beziehen sich auf die Messungen, die Verf. an einem Krystall der Poljakow'schen Grube aus dem Museum des Berginstituts gemacht hat. Die Vesuviane aus der Poljakow'schen Grube sitzen auf einem Gestein, das dem vom Kordon Karmankúl ähnlich ist, die Krystalle sind aber viel mehr nach der c-Achse gestreckt, sodaß nach den Angaben Hermann's das Verhältnis der Länge zur Breite ca. 3 : 1 und mehr ist.

Am obenerwähnten Magnetit hat Verf. folgende Formen constatiert: {110}, {510}, {720}, {12.5.0}.

Ref.: P. Sustschinsky.

21. Derselbe. Baryt aus den Gruben bei Kertsch (Krim) (Ebenda 251).

Verf. beschreibt eine Barytstufe, die er von einem Steiger der Limonitgrube bei Kertsch, angeblich in der Grube bei der Hütte gefunden, bekommen hat. In ihrem ursprünglichen Zustand war die Stufe vom Gewicht ca. 2 kg und hatte die Form eines Pilzes. Farbe wachsgelb, in kleinen Splittern durchscheinend, die peripherische Schicht (ca. 3 mm) gelblichweiß, trüb. Structur

strahlig. An der Oberfläche und in der Mitte bemerkt man kleine Anhäufungen vom Eisenphosphat. Decrepitiert vor dem Lötrohr, wird schwarz, schmilzt in kleinen Splittern in ein weißes Email, gibt mit Soda Heparreaction und wird mit kohlensaurem Kali-Natron leicht geschmolzen. Härte 3. Spec. Gewicht 4,33.

Obgleich mehrere Angaben über Baryt in der Krim existieren, so gibt doch Verf. die Resultate seiner zwei Analysen, da chemisch der Baryt von der Krim bis jetzt nicht vollständig untersucht war. Diese Resultate sind:

Glühverlust	0,76 %	
BaO	63,32	63,37 %
SiO_2	0,20	0,18
SO_3	34,25	34,17
Al_2O_3, Fe_2O_3, Mn_2O_3	nicht	0,16
CaO	be-	0,74
MgO	stimmt	0,08
	99,48 %	

Außerdem wurden qualitativ Cl und P und quantitativ 0,22 Na_2O (mit Spuren von K_2O) bestimmt.

Ref.: P. Sustschinsky.

22. D. N. Artemjeff (in St. Petersburg): **Krystallisation einer Calcitkugel in einer $NaNO_3$-Lösung** (Annales de l'Institut des Mines etc., Petersburg 1910, 2, 252—253).

Verf. beschreibt folgendes Experiment: Aus einem Spaltungstück von Calcit wurde eine Halbkugel mit einem Radius von 5 mm ausgeschnitten, mit einer Glashalbkugel zusammengeklebt und in einer übersättigten Lösung von $NaNO_3$ auf einem Faden befestigt. Nach einer halbstündigen Krystallisation bedeckt sich die Calcithemisphäre mit ziemlich großen $NaNO_3$-Krystallen mit den Flächen {110}, die den entsprechenden Calcitflächen genau parallel waren. Verf. weist darauf hin, daß dieser Fall die Richtigkeit der Aufstellung der Calcitkrystalle von E. v. Fedorow (»Krystallisation des Quercit und Calcit«, diese Zeitschr. **41**, 455) beweist, wobei die Prismenzone eine secundäre Rolle spielt und die Flächen des Spaltungsrhomboëders die Indices {110}, {011} und {101} erhalten.

Ref.: P. Sustschinsky.

23. E. S. v. Fedorow (in St. Petersburg): **Dünntafelige Brookitkrystalle** (Ebenda 253).

Die Krystalle dieses Minerals aus dem Museum des Berginstituts wurden schon früher vom Verf. (dieselben Annalen 1, 194) beschrieben. Seitdem hat das Museum zwei interessante Kryställchen dieses Minerals aus dem Inschitobel am Bristenstock (Kanton Uri) mit der Combination {001}, {100}, {102}, {111} und {210} gekauft. Die Kryställchen sind äußerst dünn (0,1 mm), wobei der Durchschnitt der Krystalle mehr als 1 cm ist. Verf. weist darauf hin, daß solche äußerst taflige Krystalle sehr geeignet sind, um den Zusammenhang zwischen der äußeren Form und der Combination zu verfolgen. Es stellt sich heraus, daß diese Brookitkrystalle genau dieselbe für Brookit typische Combination tragen, die der Verf. statistisch an dem Diagramm der erwähnten Abhandlung abgebildet hat.

Ref.: P. Sustschinsky.

24. E. S. v. Fedorow (in St. Petersburg): **Ein interessanter Apatitkrystall, Begleiter des Neptunits in Californien** (Annales de l'Institut des Mines etc., Petersburg 1910, **2**, 253—254).

Verf. beschreibt ein Apatitkrystall von San Benito in Californien, wo er als Begleiter des Neptunits auftritt. Der Krystall ist pyramidal, einem rhombischen ähnlich, tiefblau gefärbt und sein Formencomplex ist $\frac{6}{40}$ und die Formen: $\{010\bar{1}\}$, $\{110\bar{1}\}$ und $\{2110\}$, wobei die letzte Form als sehr schmale Fläche auftritt. Bemerkenswert ist sein Pleochroismus: $\parallel c$ — farblos und $\perp c$ — tiefblau. Da der Apatit hier in der nächsten Nähe mit einem *Ti*-haltigen Mineral Neptunit auftritt, so vermutet Verf., daß die Farbe des Minerals durch dieses Element verursacht ist. In bezug auf Pleochroismus erwähnt Verf. auch einen anderen Apatitkrystall von Auburn in Maine, U.S.A., aus der Sammlung des Museums des Berginstituts. Dieser Krystall ist tiefviolett gefärbt (wie die Fluoritkrystalle von Cornwall) und zeigt einen Pleochroismus: bläulichviolett $\perp c$ und rosaviolett und reinrosa $\parallel c$.

Ref.: P. Sustschinsky.

25. Derselbe: Zur Frage des Einflusses der Beimischungen bei der Fortwachsung von Kugelflächen an Krystallen (Ebenda 254—255).

Verf. beschreibt seine Versuche der Krystallisation von aus Chrom- und Kalialaun angefertigten Halbkugeln mit concaven Vertiefungen aus schwefelsäurehaltiger Lösung. Die Resultate der Versuche sind folgende: 1. Es existiert ein deutlicher Unterschied in der Krystallisation an den concaven und convexen Teilen der Halbkugeln; 2. die Beimengungen wirken in verschiedener Weise: im Falle des Kalialauns wird durch Beimengung von H_2SO_4 die Krystallisation an den concaven Teilen deutlich verbessert, weniger deutlich ist die Verbesserung der Krystallisation an den convexen Teilen der Hemisphäre im Falle des Chromalauns.

Ref.: P. Sustschinsky.

26. Derselbe: Experimentelle Lösung der Frage nach der Bildung der Vicinaloïde (Ebenda 255—256).

Verf. lenkt die Aufmerksamkeit auf die Erscheinung der »Anhäufung«, das heißt nicht parallele Ablagerung der Krystallmoleküle, welche die Bildung der Vicinalflächen hervorruft. Er verweist auf seine experimentellen Arbeiten über die Verschiedenheit in der Auflösung verschiedener Krystallflächen (s. Ref. diese Zeitschr. **51**, 295), über Krystallisation zwischen zwei Sphären (s. diese Zeitschr. **48**, 417 f.) und auf die oben unter Nr. 25 referierte Arbeit über den Einfluß der Beimischungen und zeigt, daß bei der Krystallisation zwischen zwei Kugelflächen auch Vicinalflächen entstehen und die Beimischung von H_2SO_4 deren Bildung verhindert und die Krystallisation verbessert.

Ref.: P. Sustschinsky.

27. Derselbe: Ungleichmäßigkeit in der Verteilung der Krystallisationsfähigkeit und Isomorphismus (Ebenda 256—259).

In dieser Notiz verweist der Verf. auf den Grundsatz der Krystallisation: »die Wichtigkeit der Krystallflächen ist von deren reticulärer Dichtigkeit abhängig«. Die Individualität einer krystallinen Substanz ist äußerst wichtig für

die vom Verf. und seinen Schülern eingeführte »krystallo-chemische Analyse«. In solchen Complexen, in denen eine Form mit sehr großer Dichtigkeit vorhanden ist, ist dieselbe immer vorherrschend und tritt gewöhnlich als Tafelfläche auf. In verschiedenen Substanzen muß aber eine verschiedene Fähigkeit existieren, die zum Vorherrschen verschiedener Krystallflächen, unabhängig von der reticulären Flächendichtigkeit führt. Diese individuelle specifische Ursache, die in der Krystallsubstanz liegt, nennt Verf. »Krystallisationsfähigkeit«. Wo diese Fähigkeit am größten ist, dort treten die Formen des Complexes mit kleinster Dichtigkeit auf. Diese Krystallisationsfähigkeit ist ungleichmäßig auf der Sphäre des Complexes verteilt und ist für verschiedene Substanzen verschieden: einige Substanzen krystallisieren sehr leicht, andere dagegen ceteris paribus sehr schwer. In den isomorphen Complexen ist auch die Verteilung der Krystallisationsfähigkeit nahezu gleich. Wenn die Krystallisationsfähigkeit ziemlich gleichmäßig auf der Sphäre des Complexes verteilt ist, dann erhalten wir die ideale Entwicklungsreihe der Formen, und die richtige Aufstellung ist sicher. Verf. illustriert seine Gedanken durch einige Beispiele, unter anderem durch falsche Aufstellungen von Wyrouboff für einige trikline Sulfate und Chromate (Ref. diese Zeitschr. **17**, 192 u. ff.), wobei die Krystallisationsfähigkeit nicht berücksichtigt wurde.

Ref.: P. Sustschinsky.

28. **D. N. Artemjeff** und **D. Th. Muraschew** (in St. Petersburg): **Über Krystallform und einige physikalische Eigenschaften von Kobaltiaminchlorodimethylglyoximin** (Annales de l'Institut des Mines etc., Petersburg 1910, 2, 272—274).

Diese Verbindung $CONH_3ClD_2H_2 = CONH_3Cl\,2\begin{pmatrix}CH_3 - C = NO\\ CH_3 - C = NOH\end{pmatrix}$ wurde von L. A. Tschugajeff (Traveaux du laborat. de chimie organique et minérale de l'École Technique Supérieure Impériale à Moscou 1906, 2, 89) dargestellt und Herrn D. N. Artemjeff zur krystallographischen Untersuchung übergeben. Die bei $+20^0$ C. aus einer Lösung, die $5\,^0/_0$ Essigsäure enthält, ausgeschiedenen Krystalle sind dunkelrot, nach der b-Axe [010] verlängert, manchmal tafelig nach der Fläche {101}, die auch die Wachstumsfläche ist. Bei langsamer Krystallisation entstehen manchmal Krystalle mit besonderen »änigmatischen« Flächen. Die goniometrische Untersuchung mit dem Universalgoniometer von Fedorow ergab, daß die Krystalle der rhombischen Syngonie angehören. Es wurden 24 Krystalle gemessen. Die Messungen ergaben:

	ϱ Gemessen (mittel):	ϱ Berechnet:	φ Gemessen (mittel):	φ Berechnet:
(011)	0° 0′	0° 0′	51°39′	51°39′
(012)	0° 0′	0° 0′	32 10	32 16
(110)	44 34	—	90 0	90 0
(120)	26 0	26 13	90 0	90 0
(101)	90 0	90 0	51 14	—

Zur Berechnung wurden folgende Grundwinkel genommen:

$$(001):(101) = \alpha = 51^0 14' = \varrho \text{ für } (101) \text{ und}$$
$$(010):(110) = \beta = 44\ 34 = \varphi \text{ für } (110).$$

Zur richtigen Aufstellung wurden 160 Krystalle durchgesehen; bei Annahme der

oktaëdrischen Structur ist $R = J$, der Wert der Aufstellung $W = cs^2\,0^0\,52'$ und das Symbol des Complexes $\begin{smallmatrix}40\\60\\+\frac{1}{2}\end{smallmatrix}$. Nach der Fläche $\{101\}$ volkommene Spaltbarkeit. Deutliche Ätzfiguren konnten nicht erhalten werden. Durch Anwendung der Methode der Krystallisation einer Halbkugel wurde festgestellt, daß die Krystalle zur rhombo-sphenoëdrischen Klasse der rhombischen Syngonie angehören und die volle Krystallisation an der Kugel sich durch die Symbole $H - \{001\}$, $D\begin{cases}\{110\}\\\{101\}\\\{011\}\end{cases}$, $O - \{111\}$, $C - \begin{Bmatrix}\{121\}\\\{211\}\end{Bmatrix}$ ausdrücken läßt.

Die optische Untersuchung der Krystalle wurde mit dem Fedorow'schen Universaltisch ausgeführt und ergab folgendes: optisch negativ, pleochroitisch: nach N_g (Platte etwa 0,1 mm dick), — grünlich-blaßgelb, nach N_p — rötlich-blaßgelb und nach N_m — das mittlere von beiden. Die Axe N_g fällt mit der Verticalaxe, N_p — mit b-Axe, N_m — mit a-Axe zusammen. Die optischen Axen sind senkrecht zu (011) und $(0\bar{1}1)$. $2V = 77^0$. Der Abhandlung ist ein Diagramm beigegeben.

Ref.: P. Sustschinsky.

29. D. N. Artemjeff (in St. Petersburg): **»Änigmatische Flächen« einiger Krystalle** (Annales de l'Institut des Mines etc., Petersburg 1910, 2, 275—278).

Bei langsamer Krystallisation von Kobaltiaminchlorodimethylglyoximin (siehe vorhergehendes Referat) bei 18—20° C. entstehen an einigen Krystallen dieser Verbindung besondere änigmatische Flächen. Obgleich diese Flächen ziemlich groß sind und gute Reflexe geben, gehören sie doch der Lage nach dem Complex nicht an und besitzen sehr complicierte, beinahe irrationale Indices. Diese Flächen sind um so rätselhafter, als neben den Krystallen mit solchen Flächen im selben Krystallisator auch normale Krystalle ohne Spuren solcher Flächen entstehen. Nach dem Vorschlag von Prof. E. S. Fedorow nannte Verf. solche Flächen »änigmatische Flächen«. Die nachstehende Tabelle gibt die Winkel für die einfachsten Symbole dieser Flächen der oben erwähnten Verbindung.

	Berechn. einfachst. Symb.:	φ Beobachtet:	φ Berechnet:	ϱ Beobachtet:	ϱ Berechnet:	Zonales Symbol:
i		51° 00′		79° 10′		
d	31.7.11	74 05	74° 06′	77 20	77° 17′	$Aa\gamma Aa\gamma_3$
k		109 08		14 16		
b	$24.14.\bar{1}\bar{5}$	116 35	116 40	62 09	62 07	$CB\alpha^2c$
e		117 35		75 12		
c	$121.41.\bar{1}\bar{2}0$	128 34	128 33	74 56	74 56	$Aa^{33}\gamma Aa^3\beta$
l		131 0		73 $1\frac{1}{4}$		
g	$46.28.\bar{5}\bar{5}$	133 47	133 50	65 59	65 58	$A\gamma Cb\beta^2$
f	$34.11.\bar{7}\bar{1}$	149 06	149 11	80 25	80 27	$Aa^6\gamma Aca^2$
h	$19.15.\bar{5}\bar{0}$	154 40	154 41	71 11	71 05	$CAC\alpha a\gamma$
a	$5.14.\bar{3}\bar{7}$	170 26	170 27	64 45	64 45	$BAa\gamma^2a$
$a,$		121 23		82 15		
$b,$		127 03		71 47		

Verf. ist geneigt, diese Flächen als Vicinalflächen der Flächen des Complexes mit sehr complicierten Indices zu betrachten.

Die nachstehende Tabelle gibt die änigmatischen Flächen der Krystalle von

$$3 K_2MoO_4 . CO_2(MoO_4)_3 . 4 MoO_3 + 10 H_2O.$$

	φ gemessen:	ϱ gemessen:
A	5° 59′	77° 53′
B	7 59	60 04
C	13 10	73 15
D	38 40	42 37
E	43 20	64 41
F	49 59	84 59
G	151 15	69 43
H	152 31	20 57
J	173 34	84 45
K	177 36	89 30

Zur Aufklärung des Charakters der änigmatischen Flächen hat Verf. die Methode der Krystallisation an einer Halbkugel angewandt. Es ergab sich dabei, daß die änigmatischen Flächen wirklich Flächen mit complicierten Symbolen sind: bei Krystallisation isolierter Krystalle in einer gesättigten Lösung wachsen die änigmatischen Flächen nicht fort, sondern werden mit kleinen Kryställchen überwachsen. Bei Contactkrystallisation einer änigmatischen Fläche mit einer Fläche einfachen Symbols bemerkt man dieselben Erscheinungen, wie beim Contact einer rationalen Fläche mit einer irrationalen. Die änigmatischen Flächen lösen sich weniger leicht, als die mit einfachen Symbolen.

Ref.: P. Sustschinsky.

30. E. S. v. Fedorow (in St. Petersburg): **Krystalle des Mineralogischen Museums des Berginstituts** (Annales de l'Institut des Mines etc., 1910, 2, 285—328).

In dieser ausführlichen Abhandlung, die sich kurz nicht referieren läßt, gibt Verf. eine kritische Revision der Aufstellung und die Werte derselben nebst entsprechenden Diagrammen für folgende Mineralien: Amphibol, Pyroxen, Aegirin, Enstatit, Hypersthen, Babingtonit, Lièvrit (Ilvait), Beryll, Phenakit, Troostit, Willemit, Sphen (Titanit), Parisit, Gold, Cerussit, Aragonit, Quarz, Olivin, Neptunit, Zinnober, Cölestin, Baryt.

Ref.: P. Sustschinsky.

31. Derselbe: Neue Erwerbungen des Mineralogischen Instituts des Berginstituts (Ebenda 330—332).

Verf. beschreibt drei folgende Apparate: 1. Eine Hemisphäre zur graphischen Lösung der Fragen der universal-optischen Untersuchungsmethode, die mit der von Prof. W. W. Nikitin vorgeschlagenen (Annales de l'Institut des Mines **1**, 50) viel ähnliches hat und zugleich zur Demonstration in den Vorlesungen dienen kann, da der Durchschnitt der Sphäre ungefähr 1 Meter erreicht. Der Apparat ist vom Mechaniker Petermann ausgeführt. 2. Ein Universal-Anlegegoniometer mit drei Axen von der Firma R. Fueß, nach den Zeichnungen von W. J. Sokolow, construiert, zur Messung großer Krystalle. 3. Ein rhythmischer Krystallisator, nach den Angaben vom Verf. und D. N. Artemjeff, vom Mechaniker Trschessiak construiert. Der Apparat besteht aus einem metallischen kreisförmigen Stativ, an dem kleinere Stative für die Krystallisationsgefäße befestigt sind. Ein Brenner

ist mit einem Uhrmechanismus verbunden, macht eine kreisförmige Bewegung und erwärmt nacheinander alle Krystallisationsgefäße, wodurch eine »rhythmische« Krystallisation hervorgerufen wird.

Ref.: P. Sustschinsky.

32. E. S. v. Fedorow (in St. Petersburg): **Zur Statistik der Verteilung von Krystallen nach ihren Grundeigenschaften** (Annales de l'Insitut des Mines etc., Petersburg 1910, 2, 329).

In einer Notiz des Verf.s »Über Tabellen für die krystallochemische Analyse« (Ebenda 259—261) wurden schon einige statistische Daten in dieser Beziehung angegeben. Inzwischen ist die Zahl der construierten Diagramme viel größer geworden: es sind schon 3730 Diagramme gemacht worden nach dem Material, das sich in den 42 ersten Bänden dieser Zeitschrift in Originalabhandlungen und Referaten befindet.

Verf. gibt die Verteilung dieser Krystalle nach den Syngoniearten an:

Syngonie:	Tetragonal:	Hexagonal:	Rhomb.:	Monoklin:	Triklin:	Summe:
Trigonaloïde Krystalle		60		248	63	371
Hypohexagonaloïde		87	395	723	151	1356
Tetragonaloïde	124		830	906	145	2005
	124	147	1225	1877	359	3732
	271 (124 + 147)					

Das Verhältnis der trigonaloïden Krystalle zu den hypohexagonaloïden und tetragonaloïden ist also 371 : 1356 : 2005, was dem in der erwähnten Notiz des Verfs. angegebenen Verhältnis 217 : 802 : 1133 nahesteht. Wenn man die Zahlen der Krystalle von tetragonaler und hexagonaler Syngonie zusammennimmt, so kommt man zur Schlußfolgerung, daß die Zahl der Krystalle rasch mit der Erniedrigung der Syngonie wächst bis zur monoklinen, für welche diese Zahl die maximale ist, um zur triklinen Syngonie wieder rasch zu fallen. Bemerkenswert ist auch die relative Häufigkeit der rhombischen tetragonaloïden Krystalle im Vergleich mit hypohexagonaloïden.

Ref.: P. Sustschinsky.

33. M. K. Eliaschewitsch (in St. Petersburg): **Untersuchung zweier Doppelsalze der Molybdänsäure** (Ebenda 345—351).

Die beiden Salze, molybdänsaures Kobaltkalium und Kobaltammonium, dargestellt von Prof. N. S. Kurnakow, wurden zur Untersuchung dem Mineralogischen Institut übergeben. Die bei 20° C. aus wässeriger Lösung erhaltenen Krystalle gehören der rhomboprismatischen Klasse der monoklinen Syngonie an.

Kalium-Salz $3K_2MoO_4 . CO_2(MoO_4)_3 . 4MoO_3 + 10H_2O$.

Die Krystalle zeigen zwei Typen: die des ersten Typus sind etwas nach [001] gestreckt, die vom zweiten Typus tafelförmig nach $\{\bar{1}01\}$. Der Unterschied zwischen diesen beiden Typen ist nicht sehr groß. Wachstumsflächen sind gewöhnlich die Flächen $\{\bar{1}01\}$; ca. 25% von allen Krystallen wuchsen auf besonderen »änigmatischen« Flächen, seltener ist die Wachstumsfläche die Fläche $\{110\}$. Die Messungen von 20 Krystallen wurde am Fedorow'schen Universalgoniometer ausgeführt und ergaben:

Indices:	φ Gemessen:	φ Berechnet:	ϱ Gemessen:	ϱ Berechnet:
$[\bar{1}00]$	—	0° 0′	—	90° 0′
$(\bar{1}01)$	—	0 0	50° 04′	50 04
(101)	—	180 0	53 31	53 31
(011)	93° 38′	93 31	51 57	52 07
(110)	134 46	134 46	—	90 0
(001)	—	90 0	4 35	4 31

Die Reflexe sind nicht sehr gut, oft sind Vicinaloïde vorhanden. Zur Berechnung wurden folgende Werte genommen: φ für (110) 4° 46′, ϱ für (101) 53° 31′ und ϱ für $(\bar{1}01)$ 50° 04′; φ für $[010]$ wurde $= 0^0 0'$ genommen. Für diese Aufstellung wurden die geometrischen Constanten $a_1 = 1{,}27341$, $a_3 = 0{,}07884$ und $a_4 = 1{,}28382$ berechnet. Zur richtigen Aufstellung wurden die Regeln von E. S. v. Fedorow (s. Fedorow's Abhandlung in dieser Zeitschr. 38, 322) zugrunde gelegt. Nach diesen Regeln ergibt sich der Complex dieser Krystalle als

4 (0) + 4
61·
$+\frac{1}{2}$

Die Krystalle sind danach deutlich positiv. Die volle Combination ist: $D\{110\}\ \{101\}\ \{011\}$; $H\{001\}$. Bei dieser Aufstellung erweist sich deutlich die oktaëdrische Structur der Krystalle. Die reticulare Dichtigkeit der Flächen wurde auf graphische Weise als folgende gefunden:

Indices:	$\{101\}$	$\{011\}$	$\{\bar{1}01\}$	$\{110\}$	$\{001\}$	$\{100\}$
Zahl der Flächenpaare	1	2	1	2	1	1
Reticulare Dichtigkeit	1,56	1,44	1,32	1,14	0,98	0,0

Ammonium-Salz $3(Am_2MoO_4)CO_2(MoO_4)\cdot 4MoO_3 + 10H_2O$.

Krystalle etwas tafelförmig nach $\{\bar{1}01\}$. Diese Fläche ist auch meistens Wachstumsfläche. Die Krystalle sind noch schlechter ausgebildet, als die Krystalle des Kaliumsalzes. Die Messungen ergaben:

Indices:	φ Gemessen:	φ Berechnet:	ϱ Gemessen:	ϱ Berechnet:
$[\bar{1}00]$	—	0° 0′	—	90° 0′
$(\bar{1}01)$	—	0 0	32° 38′	32 38
(101)	—	180 0	51 37	51 37
(011)	107° 32′	107 36	45 16	45 48
(110)	44 08	44 08	—	90 0

Reflexe meistens schlecht, oft Vicinaloïde. Zur Berechnung wurden folgende Grundwinkel genommen: φ für (110), ϱ für (101) und ϱ für $(\bar{1}01)$; für die Fläche $(\bar{1}01)$ $\varphi = 0^0 0'$. Hierbei wurden die geometrischen Constanten $a_1 = 0{,}95140$, $a_3 = 0{,}31104$ und $a_4 = 0{,}98062$ berechnet. Das Symbol des Complexes ist:

4 (0) + 17
53
+ 1.

Krystalle negativ. Combination: $D\{110\}\ \{101\}\ \{\bar{1}01\}\ \{011\}$. Bei solcher Aufstellung ist die oktaëdrische Structur deutlich, für welche auf graphische Weise folgende reticulare Dichtigkeit berechnet wurde:

Indices:	{101̄}	{011}	{101}	{110}	{100}	{001}
Zahl der Flächenpaare	1	2	1	2	1	1
Reticulare Dichtigkeit	2,76	1,88	1,46	2,04	1,02	0,88

Versuche, den Isomorphismus beider Salze durch Krystallisation vom Kaliumsalz im Ammoniumsalz festzustellen, gaben ein negatives Resultat.

Die optischen Eigenschaften der Krystalle sind folgende: Pleochroismus des Kaliumsalzes: nach N_m—bräunlichgelb, nach N_p—bräunlichgrün, nach N_g—blau, des Ammoniumsalzes: nach N_m—blau, nach N_p—violettrosa, nach N_g—grün. Die Krystalle des Kaliumsalzes sind neutral, $2V = 90$, die Krystalle des Ammoniumsalzes optisch positiv und $2V = +88^0$. Die Arbeit wurde unter der Leitung von D. N. Artemjeff ausgeführt.

Ref.: P. Sustschinsky.

34. D. N. Artemjeff (in St. Petersburg): **Krystalle von Chlorkobaltidiamindimethylglyoximin $CO[2NH_3D_2H_2]Cl + 5H_2O$, wo** $D_2H_2 = 2\begin{pmatrix} CH_3-C-C-CH_3 \\ \quad\;\; \| \quad \| \\ \quad\; NO \;\; NOH \end{pmatrix}$.

Diese Verbindung wurde von L. A. Tschugajeff (Travaux du Laborat. de chimie organique et minérale de l'École Technique Supérieure Impériale à Moscou 1906, 2, 82) dargestellt und dem Verf. zur Untersuchung übergeben. Aus wässeriger Lösung bei 20° C. krystallisiert. Krystalle dunkel braunrot, tafelförmig nach (001). Die goniometrischen Untersuchungen am Fedorow'schen Universalgoniometer ergaben, daß die Krystalle zur tetragonalen Syngonie gehören; die Klasse konnte nicht festgestellt werden. Die Formen sind: {001}, pyramidale Flächen der Zonen [100] und [010] und die Flächen $\{m0n\}$ und $\{m'0n'\}$. Die Messungen ergaben:

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(m0n)$	$= {}^*61^0 12'$	—
$(001):(m'0n')$	70 0	$69^0 52'$

Die größte Wahrscheinlichkeit der Aufstellung erhält man, wenn man die Formen $\{m0n\}$ als {103} und $\{m'0n'\}$ als {102} annimmt. Dann ist die geometrische Constante $a_1 = 5{,}457$ $(a:b:c = 1:1:5{,}457)$. Vollkommene Spaltbarkeit nach {100} und {010}, wenig vollkommene nach {001}.

Die Tabelle der reticularen Dichtigkeit der Flächen ist folgende:

Symbole:	{001}	{100}	{101}	{102}	{103}
Zahl der Flächenpaare in der Form	1	2	4	4	4
R_h	4,00	0,14	—	0,11	0,10
J_h	4,00	0,14	0,13	0,11	—

$\Sigma R_h = 5{,}12$ $\quad W = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma J_h} = \frac{5.12}{5.42} = 0{,}98.$

$\Sigma J_h = 5{,}24$ $\quad$ Abweichung von der Richtigkeit $= 0{,}02$.

Symbol des Complexes $\frac{4\,(h)}{82.}$

Ref.: P. Sustschinsky.

35. D. N. Artemjeff und **W. M. Lomberg** (in St. Petersburg): **Krystallisation von Kobaltinitroaquodimethylglyoximin** (Annales de l'Institut des Mines etc., Petersburg 1910, 2, 352—356).

Diese Verbindung $CONO_2D_2H_2 . H_2O = CO(NO_2) . 2\begin{pmatrix} CH_3-C=NO \\ \quad\;\; | \\ CH_3-C=NOH \end{pmatrix} . H_2O$

wurde von L. A. Tschugajeff dargestellt und zur Untersuchung dem Mineralogischen Institut (des Berginstituts) übergeben. Aus der wässerigen Lösung mit 5% Essigsäure scheiden sich bei 20° C. intensiv dunkelrot gefärbte Krystalle aus, die dem Anschein nach zur rhombopyramidalen Klasse der rhombischen Syngonie von kubischem Typus gehören. Die am besten ausgebildeten Krystalle sind nadelförmig, nach der Axe [010] verlängert. Die Krystalle wurden am Fedorow'schen Universalgoniometer nach der Zone [010] justiert; die Justierung für (010) ist also $\varphi = 0/_0$ und $\varrho = 0^0\,0'$. Die Messungen ergaben:

Indices:	φ Gemessen:	φ Berechnet:	ϱ Gemessen:	ϱ Berechnet:
(101)	35° 34′	—	90° 0′	90° 0′
(011)	0 0	0° 0′	53 34	—
(021)	0 00	0 00	32 48	34 06
(321)	65 49	65 01	57 17	58 09

Für die Berechnung sind folgende Grundwinkel genommen worden: $(101):(\bar{1}01) = 71^0\,08'$ und $(011):(011) = 107^0\,08'$. Die geometrischen Constanten sind: $a_1 = 1{,}453$ und $a_4 = 0{,}677$ und das Symbol des Complexes $\begin{matrix} 4\ (0) \\ 46 \\ +\frac{1}{2} \end{matrix}$

Zur Erlangung der richtigen Aufstellung wurden 102 Krystalle durchgesehen, die sich in folgende sechs Gruppen verteilen lassen:

	Symbole:				Zahl der Krystalle n:	Gesamtzahl der Flächenpaare an ein. Kryst.:	Retic. Dichtigkeit aller Flächen eines Krystalles p:	Summe d. Dichtigkeit. $n.p$:
I	{011},	{101},	{321},	{021}	14	10	7,56	105,84
II	{011},	{101},	{321},	—	6	8	7,20	43,20
III	—	{101},	{321},	{021}	1	8	4,12	4,12
IV	{011},	{101},	—	{021}	58	6	6,44	373,52
V	{011},	{101},	—	—	20	4	6,08	121,60
VI	—	{101},	—	{021}	3	4	3,00	9,00
Zahl der Flächenpaare in einer Form	2	2	4	2	Flächendichtigkeit bei oktaëdrischer Structur			$\Sigma R_0 = 657{,}28$

Die Berechnung, unter Annahme anderer Structuren hat gezeigt, daß die oktaëdrische Structur die wahrscheinlichste ist. Ref.: P. Sustschinsky.

36. W. J. Sokolow (in St. Petersburg): **Über eigentümliche Figuren auf den Spaltungsflächen des Hambergits** (Annales de l'Institut des Mines etc., Petersburg 1910, 2, 394).

Der untersuchte Hambergitkrystall stammt von der Insel Madagaskar. Bei der Controlle der optischen Eigenschaften dieses Minerals bemerkte Verf. auf den Spaltungsflächen nach (100) sonderbare Figuren, die die Form von Dreiecken haben, wobei je zwei Dreiecke mit ihren Gipfeln durch eine Verbindungslinie verbunden sind. Die Figuren sind reihenweise, etwas schief zu (010) angeordnet. Die Doppelbrechung an den Stellen, wo sich die Figuren befinden, ist etwas niedriger, als im übrigen Gesichtsfeld, woraus Verf. schließt, daß diese

Figuren Höhlen oder Kanälen von eigenartiger Form entsprechen. Diese Kanäle liegen ungefähr den Flächen des Prismas {110} parallel und haben oft pyramidale Enden. Es ist zu vermuten, daß diese Höhlungen ausgelösten Einschlüssen angehören, was mit der Beschreibung des Hambergits aus Norwegen von W. Brögger (diese Zeitschr. **16**, 65) übereinstimmen würde. Die optischen Eigenschaften des untersuchten Exemplares sind folgende: Lichtbrechung N_g—1,615, N_m—1,58; $2V = +87\frac{1}{2}^0$ $N_m - N_p = 0{,}039$, woraus $N_g - N_p = 0{,}075$. Dispersion deutlich, $v > \varrho$.

Ref.: P. Sustschinsky.

37. E. S. v. Fedorow (in St. Petersburg): **Betrachtungen über die Zwillingsgesetze** (Annales de l'Institut des Mines, Petersburg 1910, 2, 395—396).

Verf. verweist auf die Arbeit von Th. Barker (diese Zeitschr. **45**, 1), der die physikalische Ursache der gesetzmäßigen Verwachsungen verschiedenartiger Substanzen festgestellt hat, und meint, daß dadurch auch die physikalische Ursache der Zwillingsbildung gewissermaßen erklärt ist. Auf dem Beispiel der kubischen Krystalle demonstriert Verf. die Abhängigkeit der Häufigkeit von Zwillingen von der reticularen Dichtigkeit der entsprechenden Kanten. So haben z. B. die größte Dichtigkeit folgende Krystallkanten im kubischen System: 1. für die hexaëdrische Structur der Reihe nach [100], [110], [111], [210]; 2. für die oktaëdrische Structur der Reihe nach [111], [100], [110], [311]; 3. für die dodekaëdrische der Reihe nach [110], [100], [310], [111]. Die häufigsten echten Zwillinge sind im kubischen System die Zwillinge nach dem Oktaëder.

Ref.: P. Sustschinsky.

38. N. S. Watitsch (in Nowo-Alexandria): **Markasitkugeln beim Dorfe Ljadawa im Kreise Mohilew, Gouv. Podolien** (Annuaire géolog. et minéralog. de la Russie 1910, **12**, livr. 1—2, 16—19).

Beim Dorf Ljadawa sind verschiedene Mergel der Kreideformation entwickelt; darunter kann man drei Schichten unterscheiden: die untere, aufgelockerte, die mittlere feste und die obere, die der unteren ähnlich ist. In der festen mittleren Schicht trifft man Markasite in kugelförmigen Concretionen von 15—450 g und mehr; am häufigsten findet man Stücke von 200 g. Zusammen mit den frischen findet man auch teilweise zu Limonit verwitterte Markasite. In der unteren Schicht sind nur Limonite anzutreffen. Viele Markasitkugeln zeigen nach außen pyramidale Flächen. Es wurden folgende Formen beobachtet: {110}, {011}, an zwei Krystallen {001} und an einem {111}. Zwillinge nach {110}. Es konnte ein Kryställchen mit schlechten Reflexen gemessen werden und die Messung ergab: $(011):(0\bar{1}0) = 102^0 8'$ und $(110):(\bar{1}10) = 73^0 12'$ (die entsprechenden Winkel bei C. Hintze $101^0 58'$ und $74^0 55'$). Spec. Gewicht 4,76 bei 15^0 C. Die chemische Analyse des Markasit ergab: Fe—47,87%, S—51,96%, P_2O_5—Spuren, Summe 99,83. Die Verwitterung in Limonit beginnt gleichzeitig in der Mitte und an der Oberfläche der Markasitkugeln; zuweilen trifft man zwischen den Markasitstrahlen Gyps, Eisenoxyde, Gyps und Eisenvitriol. Limonit tritt als »Augen« im weißen Mergel auf. Die Analyse eines solchen Limonit-»Auges« ergab: Verlust bei 100^0 C. im Trockenschrank 14,50%. Glühverlust bei Rotglut — 9,70; Fe_2O_3 — 62,47; Al_2O_3 — 1,43; P_2O_5 — 1,32; unlöslicher (im HCl) Rückstand — 23,91; Summe 98,83. Der unlösliche Rückstand besteht aus Quarzkörnchen und Thonteilchen. Bemerkenswert ist der verhältnismäßig hohe Gehalt an P_2O_5.

Ref.: P. Sustschinsky.

39. A. K. Boldyrew (in St. Petersburg): **Diagramme für die Größe der Doppelbrechung der Hauptschnitte und die Größe des Winkels der optischen Axen** (Verhandl. d. russ. kais. mineralog. Ges. 1912, 48, 49—84, mit 2 Tafeln).

Verf. beschreibt eine graphische Methode, die erlaubt, aus den vier Werten, die die optische Indicatrix charakterisieren ($N_g - N_p$, $N_g - N_m$, $N_m - N_p$, $\angle 2V$), wenn zwei davon bekannt sind, die zwei anderen zu erhalten. Diese Werte bezeichnet Verf. folgendermaßen: $N_g - N_m = \Delta_g$, $N_m - N_p = \Delta_p$, $N_g - N_p = \Delta$; $2V$ ist der Winkel der optischen Axen desselben Krystalles und $\angle V_g$ die Hälfte des positiven Winkels der optischen Axen oder der Winkel einer der optischen Axen mit der Axe N_g der optischen Indicatrix. Das Prinzip der Construction der Diagramme ist das folgende: aus der Krystalloptik ist die folgende Formel bekannt:

$$\operatorname{tg} V_g = \frac{N_g}{N_p}\sqrt{\frac{N_m^2 - N_p^2}{N_g^2 - N_m^2}} \qquad \text{(I)}$$

Setzt man in diese Formel

$$N_g - N_m = \Delta_g$$
$$N_m - N_p = \Delta_p$$

so erhält man statt (I) die Formel:

$$\operatorname{tg} V_g = \frac{N_m + \Delta_g}{N_m - \Delta_g}\sqrt{\frac{N_m^2 - (N_m - \Delta_p)^2}{(N_m + \Delta_g)^2 - N_m^2}} \qquad \text{(II)}$$

Nimmt man einen bestimmten Wert für N_m, z. B. 1,65, so verbindet dann die Formel (II) drei Werte V_g, Δ_g und Δ_p. Wenn zwei davon bekannt sind, ist es leicht den dritten zu finden. Wenn z. B. $V_g = 35^0$, so ist es leicht für jeden Wert Δ_g aus der Formel (II) den entsprechenden Wert Δ_p zu finden. Trägt man verschiedene Werte Δ_g auf der Abscissenaxe im bestimmten Maßstab und die entsprechenden berechneten Werte für Δ_p auf der Ordinatenaxe im selben Maßstab auf, so findet man mittelst diesen Coordinaten die entsprechenden Punkte, und verbindet man diese Punkte, so erhält man schließlich auf dem Diagramm eine Curve, die dem Winkel $+ 70^0$ ($= 2V_g$) entspricht. In derselben Weise erhält man andere Curven für andere Werte V_g. So wird mittelst des Diagramms aus zwei Werten der dritte gefunden.

Im weiteren erörtert Verf. verschiedene Fragen, z. B. die Rolle der Größe des mittleren Brechungsindex N_m, die Formeln, die zu seinen Berechnungen gedient haben, die Anwendung der Diagramme und die Genauigkeit der Ablesung, ferner den Rechnungsgang für die Construction der beiden Diagramme, die Tabelle der Coordinaten aller Punkte und weist auf den Zusammenhang seiner Diagramme mit den Formeln von Prof. W. W. Nikitin (diese Zeitschr. 1900, **33**, 133) hin.

Auf dem ersten Diagramm sind eigentlich drei Diagramme bezeichnet: 1. die Kurven für den Wert $N_m = 1{,}650$, 2. die Kurven für den Wert $N_m = 2{,}00$ und 3. die Kurven für $N_m = 1{,}500$. Wie die Diagramme zeigen, wirkt die Änderung des Wertes N_m in geringem Maße auf die Lage der Kurven auf dem Diagramm. Die Mehrzahl der Mineralien haben den mittleren Brechungsindex zwischen $N_m = 1{,}50$ und $N_m = 2{,}00$ und eigentlich näher an 1,50, daher wurde der Wert $N_m = 1{,}65$ für die Construction des Grunddiagramms gewählt.

Um die praktische Anwendung seiner zwei Diagramme zu erklären, bespricht Verf. folgende sechs Fälle, die sich auf das erste Diagramm beziehen,

beim zweiten aber, das mehr detailliert ist, fällt die Interpolation der mittleren Brechungsindices aus:

1. Gegeben $N_g - N_m$, $N_m - N_p$. $N_g - N_p$ findet man leicht, da $N_g - N_p = (N_g - N_m) + (N_m - N_p)$. $\angle 2V$ wird folgendermaßen gefunden. Es wird nach den gegebenen Werten als Coordinaten der entsprechende Punkt auf dem Diagramm gefunden. Wenn näher nicht bekannt, bestimmt man approximativ, zu welchem Wert 1,50 oder 1,65 oder 2,00 der Brechungsindex N_m am nächsten steht. Nehmen wir an, daß er 2,00 am nächsten steht. Dann merken wir die zwei nächsten Kurven, zwischen denen sich der gefundene Punkt befindet, und die Gradzahl am Ende jeder dieser beiden Kurven. Durch Interpolation zwischen diesen Kurven erhält man den Winkel $2V$ mit Genauigkeit von $\frac{1}{2}^0$.

Die übrigen Fälle sind folgende: 2. Gegeben: $N_g - N_p$, $N_g - N_m$, 3. Gegeben: $N_g - N_p$, $N_m - N_p$, 4. Gegeben: $N_g - N_m$ und $\angle 2V$, 5. Gegeben: $N_m - N_p$ und $\angle 2V$, 6. Gegeben: $N_g - N_p$ und $\angle 2V$.

Durch Verallgemeinerung seiner Diagramme zeigt Verf., daß dieselben im allgemeinen folgende Werte $n_g - \varrho$, $\varrho - n_p$, $\angle 2\varphi$ einer beliebigen Ellipse verbinden, wobei jede der beiden Differenzen nicht 0,125 irgend welcher Einheiten überschreiten darf und der Wert ϱ zwischen 1,50 und 2,00 derselben Einheiten liegt. n_g — bedeutet die maximale und n_p — die minimale Axe irgend einer Ellipse; ϱ — irgend einen Radiusvector dieser Ellipse und $\angle \varphi$ — den Winkel zwischen ϱ und n_p oder zwischen der Normalen zu ϱ und Axe n_g.

Im weiteren beschreibt Verf. die Anwendung seiner Diagramme bei der Fedorow'schen Methode für einaxige und zweiaxige Krystalle und weist darauf hin, daß es immer möglich ist, mittelst der Diagramme die oben erwähnten vier Werte zu bestimmen.

Zum Schluß erörtert Verf. die Frage der Genauigkeit der Bestimmung mit den Diagrammen und teilt die möglichen Fehler in zwei Teile: I) Fehler, die den Diagrammen selbst eigen sind, und II) Fehler, die im allgemeinen einer indirecten Bestimmungsmethode eigen sind. Verf. gibt an, daß der Fehler von der ungenauen Zeichnung der Kurven nicht mehr als $\frac{3}{4}$ mm, von der ungenauen Ablesung des Wertes der Doppelbrechung nicht mehr als $\frac{1}{2}$ mm und von der ungenauen Ablesung des Werts $\angle 2V$ (Interpolation für $2V$) nicht mehr als $1-1\frac{1}{2}$ mm ist. Den letzten Wert überschreitet auch nicht der Fehler von der Ungenauigkeit der Interpolierung für die Berechnungsindices.

Ref.: P. Sustschinsky.

Autorenregister.

Sachregister.

A.

B.

C.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Y.

Z.

Berichtigungen zum 51. Bande.

Seite 49 Zeile 11 v. o. lies: »Südostabhange« statt »Südwestabhange«.

Zum 52. Bande.

Seite 63 Zeile 5 v. o. lies: A. E. H. Tutton.
- 87 - 17 v. u. - } A. Russell.
- 91 - 6 v. o. - } A. Russell.
- 88 - 11 v. o. - G. Stafford Whitby.
- 89 - 12, 14, 18 lies: Ullmannit.
- 93 - 21 v. u. lies: McLintock.
- 94 - 22 v. u. - R. J. Strutt.
- 94 - 16 v. u. - J. C. W. Humfrey.
- 511 - 5 v. o. - Radebojschwefels.
- 511 - 7 v. o. - Leidener Schausammlung.
- 511 - 14 v. o. - »langsam« statt »leise«.
- 511 - 13 v. u. - »fand« statt »traf«.
- 511 - 10 v. u. - »idealer« statt »ideeller«.
- 511 - 6 v. u. - aber parallel zur Zwillingsebene etwas abgeflacht.
- 511 - 2 v. u. - Zwillingsriefung.
- 511 - 1 v. u. - »zeigen« statt »kundgeben«.
- 512 - 3 v. o. - »Blättchen« statt »Blätter«.
- 512 Fig. 3 ist vertical zu stellen.

Mitteilung der Redaction.

Bezugnehmend auf das 1887 erschienene Circular an die Leser und Mitarbeiter der Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie (von welchem noch einzelne Exemplare auf Wunsch zur Verfügung stehen) bittet Unterzeichneter, bei den zur Publication bestimmten Zusendungen das Folgende zu beachten.

Die in deutscher Sprache eingehenden Manuscripte gelangen tunlichst in der Reihenfolge des Einlaufs zum Druck. Von englischen oder französischen Manuscripten kann auf Wunsch des Autors durch die Redaction eine Übersetzung besorgt werden, doch bedingt dies natürlich eine Verzögerung der Publication. Keine Aufnahme finden Abhandlungen, welche anderswo in deutscher Sprache erschienen sind oder erscheinen werden, sowie solche, welche den Charakter von »vorläufigen Mitteilungen« besitzen.

Das zu den Manuscripten benutzte Papier ist nur einseitig zu beschreiben.

Die Manuscripte sind gut leserlich zu schreiben und auf die Anordnung von Tabellen, Formeln u. dergl. die größtmögliche Sorgfalt zu verwenden (die erheblichen Correcturkosten, welche Änderungen im Arrangement solcher Teile des Satzes erfordern, fallen, wenn sie durch Undeutlichkeit des Manuscriptes verursacht werden, ebenso wie diejenigen größerer nachträglicher Einschaltungen, dem Autor zur Last). Als Symbole der Krystallformen dienen die Miller'schen mit der Reihenfolge der Axen nach Weiß. Die anzugebenden Winkel sind die der Normalen der Flächen. Citate sind immer möglichst vollständig zu geben, d. h. außer dem Titel des betr. Journals Jahr- und Bandzahl, sowie die Seitenzahl, z. B. »Bull. soc. franç. d. min. Paris 1897, **20**, 172«. Bei Arbeiten, welche seit dem Bestehen der »Zeitschrift« erschienen sind, ist stets das Citat des Referates, z. B. »Ref. diese Zeitschr. **31**, 73« hinzuzufügen (in den Auszügen dürfte das letztere Citat überhaupt genügen).

Alle Figuren sind auf besonderen Blättern beizulegen und zwar jede Figur auf einem eigenen Blatte. Die Zeichnungen sind mit feinem Bleistift auf glattem Papier auszuführen und sollen auch die benutzten Hilfslinien enthalten, da diese dem Lithographen die Controlle der Richtigkeit der Ausführung und der Orientierung der Copie wesentlich erleichtern. Undeutliche Stellen der Zeichnung sind durch beigegebene Skizzen in größerem Maßstabe zu erklären. Figuren, welche in photographischer Reproduction zur Herstellung von Textclichés benutzt werden sollen, können (mit Ausnahme der Buchstaben, welche jedenfalls nur mit Bleistift einzutragen sind) mit

tiefschwarzer Tusche ausgezogen werden, doch ist darauf zu achten, daß die Randlinien der Krystallformen um ca. $\frac{1}{3}$ feiner und die punktierten hinteren Kanten noch schwächer gehalten werden. Sind die Figuren in größerem Maßstabe ausgeführt, so müssen behufs der photographischen Verkleinerung natürlich alle Linien im Verhältnis stärker sein. »Auszügen« können Figuren nur ausnahmsweise beigegeben werden.

Die Autoren erhalten von ihren Originalmitteilungen 50 Separatabzüge gratis, eine größere Zahl auf Wunsch und gegen Erstattung der Herstellungskosten. Es wird gebeten, die Anzahl der gewünschten Sonderabzüge auf der ersten Seite des Manuscriptes zu vermerken und etwaige spätere Wünsche oder Reclamationen wegen deren Zusendung an die Verlagsbuchhandlung Wilhelm Engelmann in Leipzig, Mittelstr. 2, zu richten.

Die Correcturen sind spätestens innerhalb drei bis vier Tagen nach Empfang von dem Autor zu erledigen und (ohne Manuscript) an den Unterzeichneten zurückzusenden.

Die zum Referat an die Redaction eingesandten Separatabzüge aus anderen Zeitschriften enthalten zuweilen keine Angaben, aus denen der Ort des Erscheinens ersichtlich ist. Behufs genauer Citierung derselben in dem betreffenden Auszuge wird gebeten, den Titel, Jahrgang, Band- und Seitenzahl der Zeitschrift, in welcher sie veröffentlicht sind, auf denselben anzugeben. Arbeiten, aus denen Tabellen u. dergl. im Auszuge wiederzugeben wären, sind womöglich in zwei Exemplaren einzusenden.

München 6, Brieffach.

Prof. **P. Groth.**

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 5.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 7.

Fig. 6.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 8.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Autor gez. *Werner u. Winter, Frankfurt ᵃ/M.*

Fig. 1.

Fig. 2.

Photo-Lithogr. n. d. Orig. d. Autors.

Repr. v. Hubert Köhler, München.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Aut. del.

Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 5.

Fig. 3.

Fig. 4.

Aut. del.

Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3. Přibram, Z. 37. {011}.

Fig. 4. Přibram, Z. 138. v = 53° 8′, $(0\bar{1}2)$.

Fig. 5. Přibram, Z. 35. v = 36° 52′, $(3\bar{1}0)$.

Fig. 6. Přibram, Z. 107. v = 36° 52′, (310).

Fig. 7. Přibram, Z. 36. v = 28° 4′, $(0\bar{1}4)$

Fig. 8. Potschappel, S. 15. v = 28° 4′, $(0\bar{1}4)$.

Fig. 9. Traversella, S. 49. v = 28° 4′, $(0\bar{1}4)$.

Fig. 10. Přibram, Z. 28. v = 28° 4′, $(4\bar{1}0)$

Fig. 11. Přibram, Z. 75. v = 61° 56′, (530).

Fig. 12. Přibram, Z. 96. v = 22° 37′, (015).

A. del.

Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 13. Přibram, II. 65. v = 67°23', (032).

Fig. 14. Přibram, Z. 135. (310). (510).

Fig. 15. Přibram, Z. 139. v = 18°55', (061).

Fig. 16. Přibram, Z. 7. v = 18°55', (610).

Fig. 17. Přibram, Z. 39. v = 16°16', (710).

Fig. 18. Potschappel, v = 16°16', (071).

Fig. 19. Přibram, Z. 109. v' = 73°44', (043).

Fig. 20. Přibram. Z. 4. v = 14°15', (081).

Fig. 21. Přibram, Z. 103. v = 14°15', (0$\bar{8}$1).

Fig. 22. Přibram, Z. 62, v = 8°11', (14.1.0).

Fig. 23. Přibram, Z. 63. v = 0°38', (180.$\bar{1}$.0).

Fig. 24. Přibram, Z. 26.

Aut. del.

Fig. 25. Příbram, Z. 121. $v = 43°36'$, (520).

Fig. 26. Příbram, Z. 131. $v = 43°36'$, (025).

Fig. 27. Příbram, Z. 77. $v = 41°7'$, (830).

Fig. 28. Příbram, Z. 50. $v = 58°6\frac{1}{2}'$, (095).

Fig. 29. Příbram, Z. 119. $v = 31°53\frac{1}{2}'$, (027).

Fig. 30. Příbram, Z. 23. $v = 31°53\frac{1}{2}'$, (720).

Fig. 31. Příbram, Z. 12. $v = 33°24'$, (13.3.0).

Fig. 32. Příbram, Z. 129. $v = 25°3\frac{1}{2}'$, $(9\bar{2}0)$.

Fig. 33. Ritterkar, III. $v = 17\frac{1}{2}°$, (0.13.2).

Fig. 34. Příbram, Z. 89. $(013)_1 \times (301)_2$.

Fig. 35. Příbram, Z. 68. $(013)_1 \times (210)_2 = (5\bar{3}\bar{4})$.

Fig. 36. Příbram, $(210)_1 \times (031)_2 = (345)$.

Aut. del.

Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 37. Příbram, $(210)_1 \times (03\bar{1})_2 = (34\bar{5})$.

Fig. 38. Příbram, $A' : A, (04\bar{1})_1 \times (140)_2 = (17.\bar{8}.\bar{15})$, $A'' : A, (041)_1 \times (140)_2 = (17.\bar{8}.15)$.

Fig. 39. Libomyšl, $(140)_1 \times (041)_2 = (8.15.17)$.

Fig. 40. Příbram, Z. 60. $(04\bar{1})_1 \times (\bar{1}30)_2$.

Fig. 41. Příbram, Z. 109ª. $(05\bar{1})_1 \times (2\bar{1}0)_2$.

Fig. 42. Příbram, Z. 128. $(5\bar{2}0)_1 \times (052)_2 = (21.\bar{20}.29) \times \{110\}$.

Fig. 43. Příbram, Z. 120. $(7\bar{1}0)_1 \times (13.0.3)_2$.

Fig. 44. Příbram, Z. 79. $(0\bar{7}1)_1 \times (4\bar{1}0)_2$.

Fig. 45. Příbram, Z. 123. $A' : A, (410)_1 \times (081)_2$, $A'' : A, (13.\bar{3}.0)_1 \times (0.\bar{11}.1)_2$.

Fig. 46. Příbram, Z. 130. $(081)_1 \times (310)_2$.

Fig. 47. Příbram, Z. 21. $(2\bar{1}0)_1 \times (10.0.\bar{3})_2$.

Fig. 48. Příbram, Z. 2. $(13.5.0)_1 \times (052)_2$.

Aut. del.

Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 49. Přibram, Z. 3. $(2.11.0)_1 \times (0 7 2)_2$.

Fig. 50. Přibram, Z. 63. $(016)_1 \times (5\bar{4}0)_2$.

Fig. 51. Přibram, Z. 15. $(7\bar{4}0)_1 \times (501)_2$.

Fig. 52. Přibram, Z. 22. $(0\bar{1}5)_1 \times (11.3.0)_2$.

Fig. 53. Přibram, Z. 42. $(10.3.0)_1 \times (701)_2$.

Fig. 54. Přibram, Z. 66. $(04\bar{3})_1 \times (80\bar{1})_2$.

Fig. 55. Přibram, A:A′, $(013)_1 \times (520)_2$, A′:A″, $(012)_1 \times (520)_2$; A:A″, (071).

Fig. 56. Schemnitz, $(11\bar{1})$.

Fig. 57. Schemnitz, $(11\bar{1})$.

Fig. 58. Přibram, Z. 94. $(14\bar{5})_1 \times \{110\}_2$.

Fig. 59. Přibram, Z. 54. $(1\bar{2}\bar{1})$.

Fig. 60. Elba, S. 8. $(12\bar{1})$.

Fig. 61. Přibram, $(2\bar{4}1)$.

Fig. 62. St. Pierre du Mésage, $(2\bar{4}1)$.

Fig. 63. Přibram, Z. 53, $(\bar{2}43)$.

Fig. 64. St. Agnes, Cornwall, S. 58. $(81\bar{4})$.

Fig. 65. Brosso, Piemont, S. 11. $(29\bar{1})$.

Fig. 66. Elba, S. 28. $(2.\overline{13}.\bar{1})$.

Fig. 67. Elba, S. 29. $(2.\overline{25}.\bar{1})$.

Fig. 68. (24.22.5). S. 55.

Fig. 69. Stolberg, Z. 147. v = 46° 24′, $(\bar{3}70)$.

Fig. 70. Přibram, Z. 38. v = 46° 24′, (073).

Fig. 71. Přibram, Z. 90. A′:A (013), A″:A $(083)_1$, × $(601)_2$.

Fig. 72. Přibram, Z. 48. v = 63° 13′, (13.0.8).

Aut. del. Lith. Hubert Köhler, München.